

Трофимов А. М., Рубцов В.А., Ермолаев О.П..

РЕГИОНАЛЬНЫЙ  
ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ

Казань 2009

УДК 911

П 100

Печатается по постановлению Редакционно-издательского Совета Казанского университета.

Научный редактор – профессор Сироткин В.В.

Рецензенты: профессор Архипов Ю.Р.

профессор Гайсин И.Т.

Трофимов А.М., Рубцов В.А., Ермолаев О.П.

П 100 Региональный геоэкологический анализ. – Учебное пособие, Казань, 2009. –

В рамках геоситуационного подхода сформулирована геоэкологическая концепция, реализующая управленческий аспект моделирования окружающей среды. Эта концепция описывает и обосновывает как существующие позиции и ориентиры в географии, так и дает возможность получения новых знаний, закономерностей и позиций об окружающей среде с геоэкологической точки зрения.

Основываясь на положении, что напряженность структуры географического пространства – времени в процессе сбалансированного развития реализуется в определенных точках пространства, их картографирование дает возможность выделения на территории устойчивых, неустойчивых, критических областей и зон риска

Рекомендуется для студентов университетов, обучающихся по направлениям «География», «Экология и природопользование» в качестве учебного пособия по дисциплинам «Геоэкология», «Природопользование», «География».

Наборщик, корректор – Штанчаева М.Р.

## REGIONAL GEOECOLOGICAL ANALYSIS

### Abstract.

The ecological and geographical literature has got the steady established terminology according to which any investigation in Geoecology is defined as the process of interaction of nature, population and economy in a certain territory. Each of these components is characterised by its «interests». If the «interests» of different subjects are aimed at one object (e. g. a territory), then in this case every lack of coincidence might be considered as a conflict. The existence of conflicts presents one of the most important problem, i.e. the problem of «interests» agreement.

The idea is to find out compromises (reasonable and admissible) among the factors of nature, population and economy. It is the search of such compromises that presents, in the long run, the aim of all geoecological studies. The given training aid conducts the analysis of the methods applied to estimate the «interests», the methods of search of compromise solutions by different techniques (including formalized ones).

This training aid is highly recommended for the students educated in the qualifications of «Ecology and Nature Use», «Geography» and the related specialities as well.

## Введение

Геоэкология – сложная комплексная наука, изучающая взаимодействие природно-экологических и социально-экономических составляющих территории и их проектирование на трансформированную человеком территорию (территориальные системы). Определений геоэкологии – множество (см., напр., обзор в работе В.Б. Поздеева, 2004); однако в нашу задачу не входит проблема толкования задач и целей данной науки. Широкий диапазон охвата различных составляющих окружающей среды, конечно, размывает конкретность целевых установок и приводит к появлению в науке огромного числа течений, концепций, дискуссионных положений и т. п. В наши задачи включена попытка показать содержательную основу геоэкологии – экологического аспекта в региональном анализе территории; показать базовую основу науки: *интересы и функции этих сложных систем, определяемые «вызовами» окружающей среды и вызывающие противоречия и конфликты в геоэкологических системах.*

Именно эта концепция может быть положена в основу эффективного природопользования в регионе, увязываемое с концепцией устойчивого развития. Исследования показывают, что с позиции этой концепции согласование функций и интересов геосистемы наиболее предпочтительным становится сбалансированное развитие. Средствами ее реализации рассматриваются моделирование экологических ситуаций, прогнозирование их развития, картографирование геоситуаций, критических областей и зон риска на территории.

Средствами поддержки обозначенной концепции выступают географические информационные системы (ГИС), тенденции развития которых отражают научные геоэкологические тенденции.

Прошло ряд лет после выхода данного учебного пособия в свет. За это время он получил

определенное признание: 1-ую премию на конкурсе Казанского государственного университета за лучшее учебное пособие, получил множество поддержек от отдельных ученых, преподавателей и организаций. Были и некоторые замечания. Мы учли их, и в новом издании пособие значительно расширилось по содержанию. Прежде всего, был включен ряд разделов: по ландшафтному моделированию рельефа, по описанию и определению понятий структуры территориальных систем, расширилось представление о процессе развития в естествознании и т.п., короче говоря, пособие приобрело, на наш взгляд, более зрелый содержательный характер. Расширился и состав авторов.

Выражаем признательность сотрудникам факультета географии и экологии Казанского государственного университета за активное обсуждение излагаемых в монографии вопросов.

Авторы считают приятным долгом выразить благодарность кандидату географических наук Булатовой Г.Н. за оказанную помощь в составлении и оформлении графических и картографических материалов данной работы, инженеру кафедры физической и экономической географии Штанчаевой М.Р. за помощь, оказанную при подготовке рукописи.

# **КОМПЛЕКСНЫЕ ЭКОЛОГО- ЭКОНОМИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ: ПРОБЛЕМЫ ИЗУЧЕНИЯ**

## **1.1. Базовая основа экологического аспекта в региональном анализе территории**

«Возникновение геоэкологии как самостоятельного научного направления относится к 1980 году и является следствием развития экологического подхода в географии и смежных науках. Ключевой момент в становлении геоэкологии связан с IX съездом СССР (Казань, 1980), закрепившим существование экологической тенденции в отечественной географии, а также и само название нового научного направления. Вместе с тем, этот съезд лишь подытожил незначительный опыт геоэкологических исследований и обозначил некоторые направления развития геоэкологии, но не определил ее дефиниции и методологическую основу» - так пишет в своем учебном пособии «Становление и современное состояние геоэкологии» (Смоленск, 2004) профессор В.Б.Поздеев.

Дальше он пишет, что «общим термином, обозначающим геоэкологические системы, может выступать термин «геоэкосистема», под которым следует подразумевать природные географические системы, находящиеся под косвенным воздействием человеческой деятельности, а также природно-антропогенные (видоизмененные и преобразованные природные) и антропогенные (полностью созданные человеком) геосистемы, или, иначе говоря, геосистемы, находящиеся в поле зрения геоэкологии.

Термин «геоэкосистема» предложен Г.А.Бачинским (1989) для обозначения контролируемой или управляемой человеком территориальной системы, представляющей собой однотипный участок географической оболочки с характерными для него природными условиями, совокупностью организмов, вещественно-

энергетическим обменом с определенным видом хозяйственного использования.

Дальнейшее развитие это определение получило в работах А.М.Трофимова с соавторами (1994, 1996), А.М.Грина с соавторами (1995), А.Г.Емельянова (2004) и др.

А.М.Трофимов с коллегами (1996) определяет геоэкосистему как размытое множество элементов неживой и живой природы, населения и хозяйства на определенной территории, где реализуются некоторые отношения, важнейшими из которых являются отношения географичности, взаимодействия и сходства.

По А.Г.Емельянову (2004) «геоэкосистемы – относительно обособленные в пространстве территориальные и аквальные системы, в границах которых тесно взаимодействуют природные, хозяйственные и специальные компоненты окружающей среды».

И далее он (Поздеев, 2004) заключает: «Наличие взаимосвязей, постоянный обмен веществом, энергией и информацией между компонентами позволяет рассматривать их в качестве целостных, достаточно устойчивых образований. Геосистемы включают ПТК с присущими им биоценозами и ТПК с их социально-экономическими проблемами. Взаимодействие между ними формирует среду жизнедеятельности человека. Таким образом, геоэкосистемы сочетают свойства геосистем и экосистем и включают в качестве основного компонента население» (Поздеев, 2004; с. 3-5).

Уровни их развития различны по масштабу: глобальные, региональные и локальные.

Обычно в основе геоэкосистемы рассматривается взаимодействие трех составляющих - природной, социально-демографической и экономической. В этой связи в качестве исходной целесообразно рассматривать и использовать синтезирующую - комплексную экологию-

экономическую систему (КЭЭС) (Трофимов, 1995 а, б).

В 1980 г. вышла работа А.И.Умова и В.А.Комарчева, посвященная методологическим основам системного подхода к экономико-экологическому прогнозированию. Авторы исходят из положения о нарушении природных связей хозяйственной практикой, что вызывает отрицательные последствия иногда для целого ряда отраслей и регионов. В этой связи и возник эколого-экономический подход (Мелекшин, 1975), суть которого заключается в том, что исследованию и управлению подвергается некоторая целостность - эколого-экономический объект. Ведь природные ресурсы одновременно служат важным объектом и экономики и экологии, а использование их в одной из этих сфер сопряжено с трансформацией и временным изъятием из другой. Понятие «эколого-экономический объект» используется как теоретическая экспликация системообразующих процессов, устанавливающая связь специфических явлений взаимодействия экономики и экологии.

Существует и экономическое обоснование появления КЭЭС (синоним – геоэкосистема). Подобные концепции побудили к жизни новую дисциплину - «экологическую экономику». Она создана благодаря попытке объединить положения обеих наук. Адепты экологической экономики создали свое международное общество, впервые собравшееся под эгидой Мирового банка в Вашингтоне в 1990 г. Это произошло ввиду особого внимания экономистов банка к новой дисциплине в связи с проблематикой устойчивого развития общества (Hodson,1991). Идеология экологической экономики выражена в пионерной работе экономиста банка А.Дейли (Daly) и теолога Дж. Кобба (Cobb) «The Common Goods» (1989), где предложена новая методика экономических сдвигов.

Таким образом, геоэкосистему в настоящее время следует рассматривать именно в этом качестве



- как комплексную эколого-экономическую систему, учитывающую весь сложный набор взаимодействий природных, социальных и эколого-экономических составляющих.

*Под комплексной эколого-экономической системой понимается особый класс сложных территориальных образований, взаимодействующих подсистем, объединенных единством территории (региона) и целями развития, возникших в результате специфического взаимодействия природы и общества в конкретных условиях окружающей среды (Поздеев, 2004). Напряженность (диспропорция) во взаимосвязях социально-экономических и природных составляющих формирует определенные эколого-экономические ситуации.*

#### Понятие интересов в изучении геосистем

С позиции геоситуационного подхода функционирование и развитие этих систем связано с процессом компромиссных состояний отдельных элементов и (или) подсистем и с характером преодоления этих компромиссов. В этом усматривается основная логика функционирования и развития объекта исследования в пределах определенного уровня. В свою очередь проблема компромиссов, так или иначе, связана с «интересами» отдельных элементов, подсистем и общей системы.

Основной вопрос экологических исследований - вопрос о величине допустимой нагрузки на экосистему, после которой в системе начинаются быстрые неуправляемые и непредсказуемые изменения, - остается без ответа. Многочисленные примеры показывают, что экология как наука, если и владеет функцией предвидения, то лишь в весьма небольшой степени (Колосов, 1984; Розанов, 1984; Экономико-географические проблемы..., 1984; Котляков, 1987; Лаппо, 1987; Жигунова, 1990; Жадан, Сантаревский, 1989; Геоэкология: региональные..., 1990; Картунова, 1990; Проблемы

окружающей..., 1990; Рафиков, 1990; Маринов, 1991; Экономика природопользования, 1991). Немногие работы действительно аналитического характера (работы Римского Клуба) (Мандер, Метсур, Кульвич, 1983; Альбегов, 1986; Граф, 1988; Гродзинский, 1990) не меняют общей картины, тем более что планетарный масштаб исследования во многих работах не позволяет обеспечить сколько-нибудь достаточного обоснования получаемых прогнозов.

Одна из главных причин неудач в прогнозировании поведения геосистем в целом в частности видится в том, что при их изучении в большинстве случаев к ним подходят как к механическим системам по схеме «воздействие определенного характера и определенной силы - однозначная (или почти однозначная) реакция на это воздействие». Между тем нет никаких оснований полагать, что эта реакция должна быть однозначной или хотя бы угадываемой, так как по всем признакам геосистемы относятся к типу некорректно определенных систем. Сложный многокомпонентный состав и во многом противоречивая внутренняя организация геосистем обуславливают представления об их эмерджентных свойствах и связанные с этим проблемы регулирования геосистем. В частности, это проблема целеполагания для геосистем как целостного объекта управления. Здесь принципиально важно признание того, что далеко не все явления и процессы в геосистемах могут быть описаны формальным образом, поскольку они размыты по своей природе. Цели функционирования и развития геосистем в принципе не могут быть заданы однозначно; содержательный смысл имеют лишь общие контуры целей, тогда как детали размываются в общей нечеткой обстановке. Отсюда следует, что модели геосистем не могут быть полностью формально-количественными, а методы управления ими не могут быть аналогами методов управления механическими системами.

Одной из наиболее важных особенностей геоэкосистемы является высокая степень автономности ее составляющих - как отраслевых (природа, население и хозяйство), так и территориальных. Высокая степень автономности компонентов геоэкосистемы и одновременно их сильная взаимозависимость и взаимообусловленность позволяют квалифицировать геоэкосистему как выраженную гомеостатическую систему, то есть систему, динамическое равновесие внутри которой является важнейшим условием (или даже способом) ее существования.

Все экологические проблемы являются, в конечном счете, результатом жизнедеятельности человека в природе. Хозяйственная деятельность людей происходит из их стремления удовлетворять свои материальные и нематериальные потребности, обеспечивать для себя наиболее благоприятные условия существования. Здесь уместно обратиться к понятию «интересов» как побудительной силы общественной активности людей. Причем имеется в виду активность как производственная, так и социальная, мало или косвенно связанная с функцией производства материальных благ. По мере развития человеческого общества можно было наблюдать нарастание противоречий между содержанием производственных и социальных (непроизводственных) интересов, находящих свое выражение в материальных и нематериальных потребностях людей. Носителем и тех и других интересов является один и тот же субъект - человеческое общество (или какая-то его часть). Одним из примеров такого раздвоения интересов является растущее противоречие между стремлением людей к росту материального благополучия, с одной стороны, и стремлением обитать в условиях здоровой природной среды - с другой (Хузеев, 1987).

Интересы отдельных людей и их сообществ являются основным побудительным мотивом производственной и социальной деятельности и

выступают как выражение носителей интересов к условиям их существования, их положению и роли в общественных отношениях. Отличительной особенностью общественных (как производственных, так и социальных) интересов является то, что они всегда в той или иной степени осознаны их носителями так или иначе выражены, то есть, изложены на языке конкретных экономических, политических, социальных, культурных и других требований, программ, планов, концепций и т. д. Другой важной особенностью общественных интересов является то, что они всегда могут быть выражены в форме потребностей - материальных и нематериальных, отражающих зависимость носителя интересов от объективных условий их существования.

В процессах, протекающих в геоэкосистемах, активно участвует природная основа жизнедеятельности человека. В самом общем плане это проявляется в зависимости территориальной организации геоэкосистемы от природных условий территории. Объективные стратегические интересы общества состоят в том, чтобы использовать природную среду в утилитарных целях, но одновременно так, чтобы это не повлекло за собой необратимых ее нарушений, структурного устройства, состояния динамического равновесия. История знает немало случаев, когда чрезмерные нарушения природной среды часто генерировали кризисные ситуации и были причиной коренных перестроек экономических механизмов, вызывающих также и социальные потрясения.

Природа, конечно, не формулирует целей, как это делают люди. Однако постоянно существующая альтернатива - сохраниться или исчезнуть - дает основания разделять все внешние воздействия на природу на благоприятные (позитивные) и неблагоприятные (негативные). Часто понятие цели связывается лишь с сознательной деятельностью и на этом основании отрицается даже сама правомочность

постановки вопроса о существовании целей функционирования и развития природных систем. В то же время в науке достаточно широко бытуют представления о процессах самоуправления и самоорганизации живой материи и связанном с ними целенаправленном характере изменения природных сообществ. Употребляется даже понятие цели по отношению к природным системам, хотя этот термин принимается не всеми, взамен предлагается, например, термин «стратегия жизни природы».

Необходимым условием сохранения природной основы геоэкосистемы является достижение и сохранение состояния равновесия, что, в свою очередь, определяется ее способностью к саморегулированию и известной устойчивостью по отношению к внешним воздействиям. А это предполагает определенным образом организованный обмен веществом, энергией и информацией как между элементами природной среды (ПС), так и с внешней средой. Организация такого обмена должна быть достаточно гибкой с тем, чтобы внешние воздействия до известного предела могли быть компенсированы перестройкой связей. Обмен веществом, энергией и информацией в пределах системы и с внешней средой возникает как следствие процесса функционирования. Следовательно, для природных составляющих геоэкосистем возникает ситуация, в известном смысле аналогичная той, которая характерна для производственно-социальных: для достижения и сохранения наиболее предпочтительного состояния необходимо удовлетворение некоторых вполне определенных потребностей. Таким образом, понятие предпочтительного состояния здесь соотносится с понятием состояния равновесия природной основы геоэкосистемы, что в целом отражает точку зрения многих исследователей, считающих, в частности, что любые системы, в том числе и природные, всегда стремятся к максимально устойчивому состоянию (Свирижев, Логофет, 1975; Светлосанов, 1977;

Устойчивость геосистем, 1983; Фатеев, Темкина, 1986; Родкин, 1987; Арманд А., 1988, Крауклис, 1988; Стальгон, 1988; Дьяконов, Иванов, 1991). Устойчивость природной среды рассматривается как ее фундаментальное внутреннее свойство, обеспечивающее качественную определенность, без чего она была бы эфемерным образованием. При этом устойчивость природной среды связывается с ее способностью возвращаться в исходное или близкое к нему состояние после нарушений структуры и функционирования, то есть с ее способностью к самовосстановлению. Проблема устойчивости природной среды и ее саморегулирования крайне важна и актуальна, но в целом еще далека от разрешения. Механизм саморегулирования ПС во многом остается неясным, так что нет убедительного ответа на вопрос: «как», а главное – «почему» происходит самовосстановление системы, когда нарушения ее структуры и функционирования еще не стали необратимыми (Нефёдова, 1977; Дашкевич, 1984; Арманд, 1988). Несмотря на то, что в проблеме устойчивости природной среды существует много нерешенных вопросов, можно, тем не менее, полагать, что всегда существует некоторое состояние (максимально устойчивое в сложившихся условиях), к которому стремится ПС. Существование состояния, к которому стремится среда, дает основания говорить о наличии некоторого «предпочтительного» для нее состояния.

Отмеченная выше аналогия между производственно-социальной и природной составляющими геоэкосистемы представляется весьма важной и продуктивной - она позволяет вкладывать в понятие «интересы» более широкий смысл, распространяя его на все элементы и подсистемы геоэкологии, и ввести в оборот понятие «интересов» их природный компонент. Такое расширение понятия интересов, прежде всего методический прием, цель которого состоит в том, чтобы с единых позиций рассматривать

побудительные мотивы и движущие силы, вызывающие взаимодействие в геоэкосистемах, обеспечить методическую основу для трактовки взаимодействующих частей геоэкосистемы как «равноправных партнеров» и подчеркнуть тем самым неправомерность исключительно потребительского отношения к природной основе жизнедеятельности человеческого общества. Этот прием преследует также цель - возможность при анализе взаимодействий в геоэкосистеме оперировать однородными понятиями, что важно в методическом плане (при разработке принципов и методов устранения или смягчения противоречий, вызванных несовпадением интересов). Обоснованием логики и правомерности этого методического приема служит тот факт, что конкретным проявлением интересов в любом случае являются связанные с ними вполне определенные (но, возможно, не всегда точно измеримые и достоверно известные) потребности в веществе, энергии и информации. Основным и принципиальным отличительным признаком интересов в сферах действия общественных и природных законов является то, что первые из них всегда в той или иной степени осознаны и выражены их носителями, вторые же носителями не осознаны, но могут быть познаны и осознаны обществом. Необходимо со всей определенностью подчеркнуть, что такой подход к анализу взаимодействий в геоэкосистемах ни в коей мере не затушевывает принципиальных различий между сферами действия общественных и естественных законов; понятие интересов - лишь инструмент анализа.

Складывается, следовательно, картина, которую можно описать следующим образом. Любая экологическая ситуация является результатом взаимодействия и столкновения производственных, социальных и природных интересов. Носителем производственных и социальных интересов является человеческое общество или, точнее, некоторый социум - определенная территориальная общность

людей. Носителем природных интересов является природная основа жизнедеятельности этого социума. В более конкретной форме идентификация субъектов (носителей) интересов может быть следующей:

- носителем производственных интересов является материальное производство;

- часть человеческого общества, обладающая в то же время высокой степенью автономности и имеющая свои вполне определенные интересы, диктуемые технико-экономическими особенностями производства и экономическими условиями общества в целом;

- носителем социальных интересов является население (социум) как потребитель результатов деятельности материального производства и одновременно - как носитель неких потребностей (интересов) нематериального, в частности экологического, содержания;

- социальные интересы (интересы населения) - понятие более многоплановое, чем интересы производственные. Они включают широкий спектр потребностей не только экономического, но также культурного, морально-этического, национального, политического и другого содержания;

- носителем природных интересов является природная основа геоэкосистемы (природная среда или просто - природа), стремящаяся к равновесному и максимально устойчивому состоянию, которое является важнейшим условием ее самосохранения.

В географической и экологической литературе устоялась терминология, согласно которой предметом исследования экологии (в том числе геоэкологии) являются процессы взаимодействия природы, населения и хозяйства (П, Н, Х) на определенной территории. С позиций предлагаемого нами подхода такое деление геоэкосистемы на составляющие не совсем корректно и конструктивно, так как нематериальные виды хозяйственной деятельности связаны скорее с социальными интересами (интересами населения). Однако из



стремления следовать общепринятой терминологии условимся считать, что хозяйство - это только материальное производство, а хозяйственные интересы - это интересы только материального производства; интересы же нематериальных отраслей (видов деятельности) будем считать выражением социальных интересов в приведенном выше понимании.

Преимущество подхода, основанного на признании объективно существующих в геоэкосистеме интересов разного содержания, видится, прежде всего, в том, что он естественным образом подводит к понятию компромисса, поиск которого, в конечном счете, и является целью геоэкологических исследований. Этот подход открывает, на наш взгляд, широкие возможности для содержательного анализа и объяснения моделей взаимодействия в геоэкосистемах, так как выявление и описание этих интересов неизбежно предполагает исследование мотивов, движущих сил и целей, преследуемых при взаимодействиях.

### Интересы и конфликты в геоэкологических системах.

Если интересы различных субъектов не направлены на один и тот же объект, то есть если интересы взаимно нейтральны, то, естественно, ни о какой противоречивости интересов говорить не приходится. Иное дело, если интересы различных субъектов объединены общим объектом. В таком случае всякое несовпадение интересов допустимо рассматривать как конфликт. Как нам кажется, нельзя связывать понятие конфликта с существованием какого-то порога несовпадения интересов. Поиск точного значения такого порога — занятие бесперспективное, так как он имеет размытую природу и поэтому не может определять четкую грань между конфликтом и «неконфликтом». Следовательно, всякое несовпадение интересов несет

в себе ту или иную степень конфликтности, что и может служить обоснованием приведенного выше понимания конфликта. Существование такого рода конфликтов в геоэкосистемах порождает одну из наиболее важных проблем управления ими — проблему согласования интересов, которая по существу сводится к отысканию компромисса — наиболее разумного или приемлемого с некоторых позиций. Коллизии, обусловленные существованием в геоэкосистеме противоречивых производственных, социальных и природных интересов, определяют ее состояние, спектр экоситуаций в различных точках территории. Глубина этих коллизий определяет остроту (степень напряженности) экологической ситуации. Конфликт, понимаемый как результат несовпадения интересов в геоэкосистеме,— ее естественное состояние. Особый вопрос — сила этого конфликта.

Производственные и природные интересы — это интересы антагонистические, по крайней мере, в социально-экономических условиях, характерных для нашего общества. Развитие производства почти всегда связано с ростом потребления природных ресурсов и усилением техногенного воздействия на природную среду, что самым явным и непосредственным образом противоречит ее интересам. Использование ресурсосберегающих и даже безотходных технологий лишь смягчает эти воздействия и отдаляет их негативные последствия, но не устраняет полностью. Если предположить, что человеческое общество будет бесконечно генерировать новые потребности (особенно материальные) и изыскивать технологические и иные способы их удовлетворения, то, по-видимому, придется признать, что неизбежно наступление момента, когда величина антропогенной нагрузки на природную среду превысит допустимые значения.

Социальные интересы внутренне более противоречивы. Чем выше уровень развития материального производства и чем более

удовлетворены материальные потребности людей, тем шире спектр их нематериальных запросов и тем более настойчиво эти запросы выдвигаются. Но в то же время реальный опыт показывает, что материальные интересы очень часто доминируют над нематериальными. Так, продолжающаяся концентрация населения на наиболее развитых в промышленном отношении территориях фактически означает, что люди достаточно охотно жертвуют своими экологическими потребностями ради материальных благ (работа, жилье и т. п.). Вектор социальных интересов зависит не только от количества материальных благ, которыми располагает общество и его отдельные члены, но во многом также от уровня самосознания общества и особенностей его менталитета. Эти обстоятельства определяют, насколько природные интересы могут быть поддержаны интересами социальными в их противостоянии интересам материального производства.

Таким образом, в геоэкосистеме вырисовываются две главные противоборствующие силы - материальное производство и природная среда - с вполне четкими и антагонистическими интересами. Третья сторона - население - также представляет собой самостоятельную силу, однако ее интересы как бы раздвоены и направлены отчасти на поддержку интересов производственных, отчасти - природных. Это дает основания ввести в оборот понятия, описывающие отмеченные комбинации интересов. Комбинацию производственных интересов с той составляющей социальных интересов, которая связана с удовлетворением материальных и части нематериальных (но непосредственно зависящих от уровня развития материального производства) потребностей людей, можно назвать отраслевыми интересами, поскольку дифференциация потребностей находит свое отражение именно в отраслевой дифференциации производства. *Комбинацию же природных интересов*

*с той частью социальных интересов, которая связана со стремлением людей обитать в здоровой экологической обстановке, можно назвать территориальными интересами.*

Жесткое и бескомпромиссное подавление одних интересов ради соблюдения других не является решением проблемы, так как ущерб, понесенный носителями первых, может обернуться серьезными потерями для носителей вторых, особенно в условиях тесной взаимозависимости составляющих геоэкосистемы. Более разумной со всех точек зрения является попытка отыскания компромисса, в той или иной степени устраивающего все конфликтующие стороны. Это, разумеется, очень сложная задача, имеющая два аспекта: тактический и стратегический. Первый связан с согласованием уже сформировавшихся интересов, второй - с управлением формирования интересов с целью их сближения между собой. Последнее предполагает пересмотр носителями интересов представлений, составляющих содержание этих интересов.

Вопрос о величине допустимой нагрузки на экосистему, после которого в системе начинаются быстрые неуправляемые и непредсказуемые изменения, был выделен как основной вопрос экологических исследований, остающийся в настоящее время без ответа. Экология как наука лишь в весьма небольшой степени владеет функцией предвидения, сосредоточивая свое внимание в большей мере на описательных и объяснительных задачах исследования среды обитания человека. Наиболее известные предсказательные результаты экологии имеют либо планетарный масштаб исследований и не позволяют обеспечить достаточное обоснование получаемых прогнозов, либо, напротив, имеют значительную территориальную локализацию и фрагментарность, которые ограничивают возможность их корректной пространственной экстраполяции и согласования в единой предсказывающей модели.

## **2. Природопользование в регионе с позиции концепции устойчивого развития.**

В географической и экологической литературе устоялась терминология, согласно которой предметом исследований в экологии (в том числе и геоэкологии) являются процессы взаимодействия природы, населения и хозяйства на определённой территории. На наш взгляд, такое деление геоэкосистемы на составляющие не совсем корректно и конструктивно, поскольку существуют нематериальные виды хозяйственной деятельности, связанные скорее с нематериальной сферой (интересами населения). Однако, следуя общепринятой терминологии, условимся считать, что хозяйство – это только материальное производство, а хозяйственные интересы – это интересы материального производства; интересы же нематериальных отраслей будем считать выражением социальных интересов в приведённом выше понимании.

Подход, основанный на анализе разного содержания, открывает широкие возможности для содержательного анализа и объяснения моделей взаимодействия в геоэкосистеме, так как выявление и описание этих интересов неизбежно предполагают исследование мотивов, движущих идей, целей, преследуемых при взаимодействиях с отдельными элементами геосистем и их подсистемами.

Модельным выражением согласования конфликтности территориальных интересов выступает одна из основных прикладных проблем изучения геоэкосистем – проблема эффективного природопользования в регионе с позиции концепции устойчивого развития (Котляков, Трофимов, Селивёрстов, Кашбразиев, 1999).

Вначале несколько слов об устойчивом развитии, которое можно определить как процесс, при котором использование ресурсов в экономике, направление инвестиций, ориентация технического

развития и институциональные преобразования взаимно согласованы и обеспечивают удовлетворение растущих потребностей, как в настоящее время, так и в будущем. В условиях всеобщего усиления отрицательных экологических последствий хозяйственной деятельности устойчивое развитие предлагается как единственная альтернатива традиционному развитию экономики (Наше общее будущее..., 1989; Конференция по..., 1992 и др.). Хотя в отдельных работах (Лавров, 1995; Трофимов, Габутдинова, Хамидуллин, 1996) и указываются некоторые проблемные моменты в существующих определениях устойчивого развития, в целом концепция устойчивого развития является на сегодняшний день общепринятой.

Термин «устойчивое развитие» (sustainable development) был впервые введен Международным союзом по охране природы (IUCN) и к 1989г. насчитывалось уже более 60 его определений (Кондратьев, Романюк, 1996). Одна из проблем состоит в том, что категория «развитие» принадлежит к сложным понятиям, так как несёт не только объективную нагрузку, но и включает представления отдельных социальных групп населения. В литературе приводятся иные определения категориям: устойчивое развитие, экологически устойчивое развитие, сбалансированное развитие и др. (Costanza, 1991).

Представления об устойчивом развитии непосредственно связаны с производственными и природными интересами - экономическими интересами хозяйствующих субъектов и экологическими интересами населения. Экономика в силу принципа прибыльного хозяйствования признает только развитие. А экология ставит ограничения, не допуская чрезмерной эксплуатации природных ресурсов, чтобы не было нарушено природное равновесие на различных территориальных уровнях. В итоге приходится искать компромиссное решение, которое и должно привести к устойчивому развитию.

В этих условиях существенными характеристиками базовой основы устойчивого пространственного развития территории (региона) могут служить однородность и неоднородность. Первая - это основа пространства, вторая - основа времени. Состояние региона представляет собой исторически сложившиеся к некоторому моменту условия в определённом фрагменте территории, включая сбалансированную (и, следовательно, устойчивую) совокупность взаимосвязанных географических объектов и их элементов.

В.С. Тикунов и Д.А. Цапук (1997) пишут, что целесообразно выделить две основные разновидности исходного состояния регионов: 1) регионы, в которых необходимость решения острейших экологических проблем вынуждает обращаться к вопросам устойчивого развития, т.е. наблюдается "ведущая" роль экологического фактора (районы экологического бедствия и др.); 2) регионы, где экологические проблемы создают клубок противоречий с социально-экономическими, этнокультурными и иными проблемами. Здесь трудно выделить "ведущий" фактор.

Этим двум ситуациям должна соответствовать различная направленность показателей устойчивого развития. В первом случае приоритет будет за чисто экологическими критериями, во втором потребуются более комплексная система показателей.

Обеспечение устойчивого развития региона требует активного участия территориальных органов власти в организации и регулировании общественного воспроизводства. Для этого они должны располагать существенными механизмами экономической власти. Это возможно при расширении прав регионов на владение и распоряжение собственностью, а также в сфере формирования бюджета и налоговой политики. В последнее время так и происходит: регион становится фактическим держателем, как невозпроизводимых природных ресурсов, так и значительной части различных

капитальных благ. И теперь для выполнения целей устойчивого развития основными направлениями реализации региональной собственности должны стать следующие: структурная перестройка регионального хозяйства с учётом истощения природно-ресурсного потенциала, совершенствование производственной и социальной инфраструктуры, создающей благоприятную внешнюю среду для развития производства, проведение мероприятий по охране среды; защита социальных и экологических интересов населения. В результате региональная хозяйственная система будет характеризоваться не только относительной экономической обособленностью, но и целостностью воспроизводства.

Большое значение в развитии региона имеет территориальная парадигма. Ее суть состоит в том, что территория рассматривается как арена взаимодействия различных движущих сил и компонентов природы и общества, т.е. и как ресурс, и как особым образом организованное пространство. Территориальность в этом смысле ведет к формированию особого социально-экономического ландшафта, который является внешним выражением содержания данного понятия. В свою очередь содержательно территориальность есть не что иное, как потенциальные возможности территории, где природно-ресурсный потенциал составляет основу так называемого интегрального или комплексного потенциала.

В настоящее время российские регионы располагают значительными запасами природных ресурсов, способными обеспечить необходимые объемы внутреннего потребления и экспорта. Однако на этапе перехода к рыночным отношениям из-за стремления к быстрому коммерческому успеху возрастает опасность их нерационального использования. Решение данной проблемы требует эффективного государственного вмешательства - принятия административных, экономических и



политических мер, призванных сдерживать коммерческие интересы субъектов хозяйствования (особенно в части экспорта), обеспечивать рациональное вовлечение ресурсов в народнохозяйственный оборот, стимулировать внедрение современных технологических процессов.

### Природные ресурсы и природно-ресурсный потенциал территории: анализ понятий

Важным элементом научного исследования любой проблемы служат определение и конкретизация основных понятий, устанавливающих существенные отличительные признаки изучаемого предмета, его содержание и границы (Трофимов, Котляков, Селиверстов, Рубцов, Булатова, 2000).

В современной географии основным предметом изучения являются территория, территориальная организация общества и хозяйства в их взаимодействии как необходимое условие жизни общества и функционирования хозяйства. Территория рассматривается географами в двух основных аспектах: как пространственный базис деятельности и как носитель (вместилище) ресурсов (Дмитриевский, 1974, Алаев, 1983).

Общество, как уже было отмечено, – это территориальная система высшего уровня, все элементы которой взаимосвязаны функционально, и связи эти опосредованы территорией. В число таких связей входят и связи между природой и обществом. Интуитивно понималось, что некоторые элементы природы, в первую очередь те, которые имеют отношение к удовлетворению потребностей человека, являются неотъемлемой частью общества (например, земля).

Поэтому в первую очередь необходимо определить такие понятия, как территория, потенциал, ресурс, структура, районирование.

И.Д.Кондратьев (1993) считал, что те вещи, которые имеют прямое или косвенное отношение к

удовлетворению потребностей общества в каждый данный период, резко распадаются на две категории. К первой относятся вещи, данные от природы в неограниченном количестве и не требующие предварительной трансформации. Это ветер, воздух, солнечный свет и т.п. Они представляют собой базовую естественно-природную среду общества. Люди пользуются ими как элементами природы. Но это не продукт общественно-человеческой деятельности, не объект, около которого и по поводу которого завязываются человеческие отношения.

Вторая категория вещей прямо или косвенно служит удовлетворению потребностей. Эта категория вещей внутренне неоднородна. Одни представлены в ограниченном количестве, поэтому обладают повышенной ценностью, становятся предметом вожделений и тех или иных общественных отношений. Другие, хотя и даны природой в необъятных количествах, все же требуют некоторой подготовки перед непосредственным применением. Число стадий такой подготовки прямо связано с ценностью этих вещей природы. Третьи, которых может быть большинство, объективно ограничены количественно и вместе с тем требуют для своего использования предварительной трансформации. Таковы различные изделия, предметы потребления, орудия производства и т.д. Эти вещи второй категории, и, прежде всего те из них, которые возникают в результате трансформации элементов природы, есть продукт общественной жизни.

Упомянутые Н.Д.Кондратьевым (1993) «вещи второй природы» есть не что иное, как ресурсы – природные и материальные. Природные ресурсы можно рассматривать и как «возможные потребительские стоимости» (Экономика природопользования, 1991) в отличие от предметов труда – действующих потребительских стоимостей, включенных в общественное развитие. Именно в свете отношения общества к природным ресурсам процесс труда есть взаимодействие между обществом

и природой. И это неудивительно, ведь природные ресурсы – это уже экономическая категория, и рассматриваться она должна в соответствующей системе понятий.

Под природными ресурсами чаще всего понимают тела и силы природы, используемые (или потенциально пригодные для использования) в качестве средств труда, источников энергии, сырья и материалов или непосредственно в качестве предметов потребления. Однако к природным ресурсам относят не все природные блага, а лишь те из них, общественная полезность которых изменяется в результате трудовой деятельности человека (Гофман, 1977). Природные ресурсы – это составляющие, или элементы природной среды. Элементы природы становятся природными ресурсами, когда они вовлекаются в процесс производства либо в качестве предметов труда, либо в качестве его средства. Они составляют ресурсную базу развития экономики и служат одним из факторов ее развития (Смирнов, 1975; Экономика природопользования, 1991).

Необходимо отметить, что исследования природных ресурсов всегда были свойственны и географической науке, более того, «ресурсное» направление было органической частью классического страноведения. Особенно актуально это было в нашей стране, освоение пространств которой требовало знаний о природных богатствах. Считается, что отечественная география как наука с самого начала изучала различия именно в природных условиях и ресурсах территорий. Изучение природных ресурсов, их различия от места к месту, описание степени освоенности различных территорий – все это представлено в классических трудах П.П.Семенова Тян-Шанского, Д.И.Менделеева, В.В.Докучаева, А.П.Воейкова и др.

Естественно, что в процессе географических исследований выработались определения понятия «природные ресурсы». А.А.Минц (1972) считает, что

природные ресурсы – это тела и силы природы, которые на данном уровне развития производительных сил и изученности могут быть использованы для удовлетворения потребностей человеческого общества в форме непосредственного участия в материальной деятельности. Д.Л.Арманд (1975) видел в определении природных ресурсов элементы природы, используемые в хозяйстве, являющиеся средствами существования человеческого общества: почвенный покров, полезные дикие растения, животные, полезные ископаемые, вода и т. д. В. П. Ефимов (1972) природными ресурсами называет элементы природы, используемые как источники средств существования людей. Наконец, под природными ресурсами И. В. Комар (1975) подразумевает весь окружающий нас материальный мир, взятый в его отношении к человеческому обществу.

Анализируя различные взгляды, можно выделить три основных момента, а именно: 1) природные ресурсы — это тела и силы природы, которые участвуют или могут участвовать в хозяйственной деятельности людей; 2) они полезны для человека (обладают потребительной стоимостью); 3) имеют исторический аспект и преходящий характер использования конкретных видов природных ресурсов.

К основным критериям включения тех или иных элементов природы в естественные ресурсы следует отнести техническую возможность, экономическую необходимость (потребность) и целесообразность использования, определенный уровень изученности.

Ресурсы, пригодные для использования, но при данном состоянии изученности территории еще не выявленные, можно назвать потенциальными естественными ресурсами. Понятие «природные ресурсы» более узкое и конкретное, чем понятие «природные условия», под которыми понимаются «тела и силы природы, которые на данном уровне развития производительных сил существенны для

жизни и деятельности человеческого общества, но не участвуют непосредственно в материальной производственной и непроизводственной деятельности людей. Совокупность природных ресурсов и природных условий, рассматриваемых в их вещной форме, можно назвать природными факторами жизни общества (Минц, 1972). Как следует из определений, взгляд географов на природные ресурсы весьма широк и экологичен.

С нашей точки зрения, современное понятие «природные ресурсы» может включать в себя несколько классификаций: классификацию природных ресурсов по происхождению, по видам хозяйственного использования, по признаку исчерпаемости и др. Особой детальностью отличается классификация, предложенная А. А. Минцем

В связи с ограниченностью пригодных для использования свободных территорий возникло представление и о территории как своеобразном виде ресурсов, который рассматривается с разных позиций: как комплексный ресурс, носитель элементарных (традиционных) ресурсов со своими размерами, местоположением, природными и антропогенными свойствами; как особый вид элементарного ресурса — место, пространственный базис деятельности.

Как видим, многофакторность изучаемого объекта требует и системного подхода к его анализу. Согласно этому подходу, территория выступает как носитель разнообразных ресурсов и условий, множества функций — экономических, социальных, экологических, социокультурных и др.; предметов труда и приуроченных к территории средств труда; специфических свойств пространства как такового, влияющих на упорядоченность расположившихся в нем объектов.

А. А. Минц и Т. П. Петрякова (1973) связывают категории «территория» и «естественные ресурсы», тем самым усиливая ресурсный аспект понятия. Во-

первых, территория рассматривается ими как специфический комплексный ресурс — носитель нескольких сочетающихся либо альтернативных элементарных ресурсов. Во-вторых, и в качестве места для человеческой деятельности территория квалифицируется как особый вид элементарных ресурсов — территориальных ресурсов. На основе этих положений построено и развернутое определение Э. Б. Алаева (1983). Уточняя понятие территории в связи с анализом освоения и освоенности, предлагается термин «условное ресурсное пространство» (Трофимов, Рубцов, 1992, 1993). Это предложение базируется на тезисе о ресурсной конкретности и обусловленности общественной значимости отдельных территорий, выступающих как пространственный базис проявления любого географического процесса.

В свою очередь и методология рационального природопользования основывается на концепциях, определяющих возможности этой деятельности. Среди таких концепций (положений, приводимых в приемлемой для практического использования форме) положению о «потенциале» территории отводится значительное место. В переводе с латинского (применительно к нашему объекту исследования) «потенциал» определяется как совокупность (зачастую скрытых) имеющихся средств, возможностей в какой-либо области, совокупность имеющихся ресурсов для решения определенных задач (Географический энциклопедический..., 1983). Несомненно, что эта категория относится ко всему тому, что составляет своеобразный фундамент развития любой территориальной системы.

Мы полагаем, что совокупность природных ресурсов территории, которые могут быть использованы в народном хозяйстве с учетом тенденций НТП, и составляет природно-ресурсный потенциал (ПРП).

*Таким образом, под природным потенциалом в современной географии понимается производительная способность природного пространства в процессе общественного производства.*

Потенциал природного пространства выражается через частные потенциалы: энергетический, минерально-сырьевой, биотический, водный и др. Формулировке понятия природно-ресурсного потенциала и внесению предложений методам оценки его величины и структуры, а также исследованию частных природных потенциалов посвящен ряд публикаций (Минц, 1973; Дмитриевский, 1974; Ратнер, Скутин, 1990; Литовка, Новиков, 1991; Панченко, 1993). В развитие теории и практики, методики оценки ПРП территории, природно-ресурсного районирования существенный вклад внесли Ю.Д. Дмитриевский (1974); Г.А.Приваловская (1980); Т.Г.Рунова (1973, 1978); В.П.Руденко (1982); Э.Л.Файбусович, В.М.Разумовский(1991).

В настоящее время понятие «природно-ресурсный потенциал территории», несмотря на довольно широкое распространение в научной литературе, имеет столь же широкое толкование. При этом в качестве тождественных или близких по значению «природно-ресурсному» нередко употребляются «природный», «ресурсный», «природно-экономический», «природно-территориальный», «экологический» и другие потенциалы. Так,

очень часто наряду с понятием потенциала используют такие термины, как совокупность, мощность, возможность, способность, потенция, производительность, эффект и т.д. (Игнатенко, Руденко, 1986).

Согласно исследованиям гносеологического плана (Трофимов, Шарыгин, Демаков, 1987), наиболее полное теоретическое обоснование понятию ПРП территории (ПРПТ) принадлежит

Ю.Д.Дмитревскому (1974, 1991) и А.А.Минцу (1972). В их работах ПРПТ рассматривался как совокупность природных ресурсов, а под величиной потенциала понималось количественное выражение этой совокупности.

Географический взгляд на природные ресурсы всегда отличался всеохватностью, комплексностью. Знаменитое образное выражение В.В.Докучаева: «...почва есть зеркало ландшафта», служит отражением представлений географов о взаимосвязях всех компонентов природной среды. Вскоре было осознано, что экономически выгоднее говорить не об отдельных ресурсах, а о совокупности природных ресурсов, или о природно-ресурсном потенциале. Как показывает история науки, приоритет по введению самого понятия «ПРП» и по объему проводимых исследований, связанных с теорией, разработкой методов и практикой оценки ПРП, принадлежит географам (Трофимов, Шарыгин, Демаков, 1987). Наиболее общее определение, данное Ю.Д.Дмитревским (1974), гласит, что ПРП территории — это совокупность ее природных ресурсов. *Величина ПРП территории — количественное выражение этой совокупности, структура — соотношение между различными видами природных ресурсов внутри данной территории.* Природные ресурсы понимаются при этом в самом широком смысле слова, в них включаются и природные условия, т. е. при оценке общего природно-ресурсного потенциала должны учитываться и разнообразные физико-географические компоненты.

Дальнейшее изучение феномена ПРПТ привело к дополнению, уточнению, открытию новых его качеств и свойств. В частности, утверждается (Игнатенко, Руденко, 1986; Трофимов, Рубцов, Хузеев, Булатова, 1998), что ПРП — нечто большее, чем сумма частных потенциалов, что обусловлено разной степенью устойчивости природных геосистем к техногенной нагрузке, особенностям реакции их



элементов на воздействие техногенеза; различием величины затрат на поддержание геосистем, подвергающихся этому воздействию в экономически и экологически приемлемом состоянии. В схожем ключе были и рассуждения экономистов: под единичным природным ресурсом понимается конкретный (качественно однородный и количественно определенный) вид природных ресурсов. Объект природопользования представляет собой пространственно ограниченный комплекс (территориальное сочетание) единичных природных ресурсов и условий окружающей среды. Суммарный экономический эффект (и соответственно экономическая оценка) объекта природопользования может превышать сумму экономических оценок единичных природных ресурсов, определяющих условия его функционирования. Это превышение представляет собой синергетический эффект совместного (взаимообусловленного) использования ресурсов, который нельзя «вменить» ни одному из них в отдельности, но значение его для повышения эффективности природопользования чрезвычайно велико.

Следует особо подчеркнуть связь потенциала естественных ресурсов с конкретной территорией. Именно территориальная приуроченность потенциала естественных ресурсов обуславливает его всеобщие и индивидуальные признаки, наделяет его свойствами системного образования, имеющего теоретическое и практическое значение.

Этим во многом определяется «экономико-географичность» ПРП территории. ПРП вне территории – пустая, мертвая абстракция, лишенная всякого смысла. Очень важно представление ПРПТ с системно-структурных позиций, разработанное авторами (Игнатенко, Руденко, 1986; Трофимов, Шарыгин, Демаков, 1987), которые отмечают, что, обладая новыми, интегративными свойствами в результате проявления обобщающей функции производительности, ПРП территории

представляется целостной системой сложноорганизованных объектов. Его целостность определяется закономерным сочетанием взаимообусловленных природных и социально-экономических связей и зависимостей, объединяющих все естественные ресурсы в территориальном единстве. ПРП территории целиком отвечает критериям целостности и характеризуется системностью, функциональностью, структурностью, автономностью развития и т.д. И далее: «Совокупная производительность входящих в ПРП территории природных ресурсов не равна сумме их производительностей в отдельности. Следовательно, ПРП территории обладает сравнительно высокой энергетической экономичностью и устойчивостью по отношению к внешней среде». С этим свойством ПРП территории авторы связывают и такие его свойства, как относительную автономность, ограниченность от других систем, частью которых ПРП может даже выступать (например, экономический потенциал территории), а также гомеостазис, инерционность, иерархичность, историзм, которому в свою очередь присущи динамичность и неравномерность развития, а также циклический характер.

*Таким образом, обобщая изложенное, можно отметить, что под экономико-географической сущностью ПРПТ понимается совокупная производительность ее естественных ресурсов как средств производства и предметов потребления, выражающаяся в их общественной потребительской стоимости.*

В таком определении ПРП занимает вполне определенное место в системе «общество – природа». Область взаимодействия естественных и общественных производительных сил включает не только непосредственно эксплуатируемые, но и все разведанные природные ресурсы, составляющие ПРПТ.

Для того чтобы изучить сущность ПРПТ, необходимо познать внутренние свойства и

особенности, связи и взаимосвязи, обуславливающие его организацию.

Прежде всего, ПРПТ – объективная реальность, характеризующая действительное состояние естественных ресурсов: с одной стороны, тел и сил природы со свойственными им законами функционирования и развития, с другой – элементов, отражающих экономические отношения, которые влияют на уровень производительности общественного труда. Такая двойственность ПРПТ является одним из самых существенных его признаков. Это дает основание говорить, (Руденко, 1982), что именно в естественных ресурсах в наибольшей степени аккумулируется процесс взаимодействия природы и общества, процесс опосредствования человеческим трудом естественных производительных сил и превращения их в общественные силы развития (используемая часть ПРП).

Обладая новыми интегративными свойствами в результате проявления обобщающей функции производительности, ПРПТ представляется целостной системой сложноорганизованных объектов. Его целостность определяется закономерным сочетанием взаимообусловленных природных и социально-экономических связей и зависимостей, объединяющих все естественные ресурсы в территориальном единстве.

Важнейшим свойством рассматриваемой категории служит комплексность, или эмерджентность, которая означает, что совокупная производительность входящих в ПТ естественных ресурсов не равна сумме их производительностей в отдельности. Следовательно, ПРПТ обладает сравнительно высокой энергетической экономической устойчивостью по отношению к внешней среде. С этим свойством в свою связаны относительная автономность (замкнутость), ограниченность ПРП от систем, частью которых он может даже выступать, например потенциала

естественных производительных сил или экономического потенциала территории.

Следует также обратить внимание и на иерархичность ПРП, которая определяется местом рассматриваемой территории в границах региона более высокого (низкого) порядка. На ее основе проводится природно-ресурсное районирование по степенности территории природными ресурсами и их совокупной производительности. Иерархичность способствует выявлению границ природно-ресурсных комплексов как неотъемлемого звена экономико-географических комплексов. Так, в зависимости от набора входящих в ПРП естественных ресурсов и характера их сочетания в его таксономической иерархии можно выделить моноресурсные (отраслевые) и полиресурсные (интегральные) районы.

Кроме того, ПРПТ — историческая категория (Игнатенко, Руденко, 1986), так как она связана с возникновением и развитием человеческого общества. Историзму ПРПТ присущи динамичность и неравномерность развития, в значительной мере обусловленные необходимостью удовлетворения всевозрастающих человеческих потребностей. Развитие ПРПТ во времени носит циклический характер. «Ресурсные циклы» во многом отражают «жизнедеятельность» потенциала естественных ресурсов (Комар, 1975). Более того, можно заключить, что он является определенным составным звеном ресурсного цикла. И если ресурсный цикл рассматривать как тесно переплетенный процесс (период) естественного и экономического производства природных ресурсов, то ПРПТ охватывает его первый созидательный «полупериод», фазу «рождения и жизни» естественных ресурсов как таковых.

Возрастание масштабов природопользования, воздействия производства на ПРП территории позволяет говорить о подчинении во все большей степени естественных (стихийных) закономерностей

его самоорганизации целенаправленному улучшению, рационализации со стороны человека. При этом ПРП территории не пассивный объект влияния, а, наоборот, активно сосуществующий с деятельностью человека и «содействующий» осуществлению его замыслов. Деятельность человека приносит в ПРПТ качественно новый признак: наряду с самоуправляющейся он становится управляемой системой, направленность функционирования которой подчинена не только саморегуляции потоков вещества, энергии и информации, но и экономическим законам.

Все охарактеризованные свойства и признаки ПРПТ подтверждают его экономико-географическую сущность, делают его объектом пристального исследования представителями экономической и социальной географии в целом и географии природных ресурсов в частности. Это во многом определяется широкой областью практического использования результатов экономико-географического изучения ПРПТ.

В наше время возросло внимание к экологическому состоянию территории, ее устойчивому развитию. В связи с этим возникает необходимость введения в структуру понятия «ПРП» дополнительной составляющей – «ландшафтно-экологического», определяющего экологически допустимые объемы эксплуатации ресурсов, экологически обоснованные (лимитирующие) направления их хозяйственного использования (Файбусович, Разумовский, 1991). А чрезмерная трансформация природной среды в отдельных регионах генерировала идею выделения природно-техногенного ресурсного потенциала (Литовка, Новиков, 1991).

Существенное уточнение понимания ПРПТ было внесено доказательством его тесной связи с географическим пространством (Трофимов, Шарыгин, Демаков, 1987). Дело в том, что ПРПТ обычно рассматривается в географии обособленно,

как объект специального исследования, заключающегося в определении его количественной величины или качественной характеристики. Это приводит к тому, что ПРПТ определяется как совокупность формирующих его природных ресурсов и никак не взаимоувязывается с понятием географического комплекса. Комплексообразование имеет объективную основу, так как отражает естественный процесс эволюции географического пространства. Основной объект изучения географии — окружающая среда — представляет сочетание и переплетение взаимодействующих друг с другом геосистем, в том числе и их комплексов. Поскольку ПРПТ есть суперпозиция взаимодействующих компонентов окружающей среды, то по существу он представляет собой ориентированный по определенной цели особый географический комплекс. ПРПТ — это максимально возможная продуктивность всех природных ресурсов территории, входящей в тот или иной географический комплекс, причем составные компоненты геообразований (ресурсов) взаимосвязаны по цели их эффективности и рационального использования в хозяйственной деятельности, т. е., действительно, ПРПТ должен включать все имеющиеся природные ресурсы с учетом их реализуемости при современном и перспективном состоянии науки и технического вооружения, их комплексирования, взаимовлияния, взаимозависимости и эффекта конкурентоспособности. ПРПТ интересен и как «универсальный» синтетический показатель комплексной оценки территории. Еще раз отметим, что комплексность оценки здесь понимается не как сумма отдельно оцененных природных ресурсов, а как результат суперпозиции, учитывающей воздействие и других факторов (экономического, социального, экологического и др.).

Природно-ресурсный потенциал территории — категория не «застывшая» в количественном и в качественном отношении, а обладающая гибкостью,

обусловленной многими факторами (научно-технический прогресс, интенсивная эксплуатация отдельных ресурсов, открытие новых месторождений и т. п.). Все это должно отражаться в методике определения ПРПТ, являющегося во многих случаях материальной основой, порождающей взаимодействие природы, хозяйства и населения (Трофимов, Рубцов, Хузеев, Булатова, 1998).

Формирование экономического механизма природопользования как предпосылки устойчивого развития региона.

До перехода к рынку и современным социально-политическим преобразованиям результаты разработок месторождений полезных ископаемых в должной мере не использовались для развития региона. Переход к рыночным экономическим отношениям в сфере использования природных ресурсов обеспечивает экономическую реализацию прав собственности субъектов Федерации на недра, другие ресурсы и получение дохода от разработок месторождений и использования ресурсов для устойчивого развития региона.

Одним из главных направлений выхода региона на траекторию устойчивого развития служит создание новых экономических отношений, обеспечивающих рациональное природопользование, в частности формирование экономического механизма природопользования. Основу последнего составляет система платежей за природные ресурсы; землю, недра, воду, лес, растительный и животный мир, рекреационные и другие ресурсы. Конкретными формами оплаты служат арендная плата, акцизы, земельный налог, плата за воду, недра и т.д.

Плата за природные ресурсы выполняет следующие основные функции: 1) создает жителям региона ощутимые выгоды от использования природных ресурсов; 2) нейтрализует экономические потери региона, связанные с истощением природно-

ресурсного потенциала; 3) обеспечивает необходимые финансовые средства для охраны природы и воспроизводства природно-ресурсного потенциала территории.

В хозяйственной практике целесообразно применять различные платежи. К ним можно отнести: плату за право пользования природными ресурсами: компенсационные платежи за изъятие, исключение и ограничение возможности использования, а также снижение естественной продуктивности природных ресурсов; плату за выбросы (сбросы) загрязняющих веществ в окружающую среду, размещение отходов и другие виды вредного воздействия на природу; отчисления на финансирование природоохранных программ; платежи на воспроизводство природных ресурсов: штрафы за несоблюдение установленных норм, правил природопользования и экологической безопасности.

Эти разнообразные платежи и составляют различные формы экономической реализации прав собственности на природные ресурсы. Взаимоотношения между собственником и хозяйствующими субъектами возникают по поводу конкретных форм и размеров платежей за использование ресурсов, за право разработки месторождения и др. Плата за разработку месторождений может быть использована также и в качестве экономического рычага повышения эффективности и комплексности освоения месторождений. При этом важно учитывать не фактические, а наилучшие из достигнутых в мире показателей эффективности и комплексности использования минеральных ресурсов. Такой экономический рычаг будет действенным, если ставки платежей связать с природными и экономическими свойствами месторождений и устанавливать индивидуально для каждого месторождения. Тогда нормативы платежей за природные ресурсы будут служить целям



устойчивого развития, и выступать как основной инструмент достижения последнего.

Основой формирования нормативов платежей за использование природных ресурсов может служить теория ренты. В современной экономической литературе встречается также близкий к понятию «рента» термин «природный капитал» (Costanza, 1991). Экономическая сущность ренты состоит в присвоении собственником природных ресурсов определённого дохода (ренты) за передачу права на их разработку от предприятий добывающей промышленности. Рента означает платность природных ресурсов как фактора производства. Платность ресурсов играет в экономике положительную роль, так как сопоставление разных уровней цен на различные факторы производства дает производителю важнейшую информацию о наиболее эффективном, минимальном с точки зрения издержек сочетании труда и ресурсов при производстве товаров.

В настоящее же время существующие формы присвоения средств производства производителями не всегда обеспечивают рациональное хозяйствование. Значительная часть общих условий производства рассматривается предприятиями как бесплатный или неограниченный ресурс, не имеющий конкретного хозяина. В результате хищнической эксплуатации данных ресурсов безвозвратно утрачены лучшие земли, крайне обострилась экологическая ситуация в ряде регионов, некомплексно развиваются производительные силы. В рыночной экономике цена природных ресурсов – это капитализированная рента. При прочих равных условиях именно величина ренты определяет цену природных ресурсов. Отсюда следует, что базовые нормативы платежей за природные ресурсы также должны носить рентный характер, т.е. учитывать дефицитность и качество природных ресурсов. Базовые нормативы платежей при таком подходе определяются фиксированной долей от стоимости

соответствующего вида энергоносителей или минерального ресурса, реализуемых на российском или мировом рынках сырья и топлива.

Однако в экономической литературе не сложилось единого понимания ренты. Имеется традиционное определение, согласно которому рента есть сверхприбыль, получаемая в виде разницы между общественной ценой сырья, отражающей повышенные производительные затраты на худших месторождениях, и индивидуальной ценой единицы сырья, складывающейся на лучших по качеству и природным условиям месторождениях.

В последнее время в условиях растущего дефицита сырья энергетических ресурсов и обострения экологических проблем категория ренты стала трактоваться более широко. Некоторые (например, А.С. Львов, 1996) считают, что рента – это любые первичные доходы, получаемые от земли и других природных ресурсов (руда, нефть, газ и т.д.). Имеется и такое интересное предложение, как переход к преимущественно рентной системе налогообложения, так как более двух третей народнохозяйственной прибыли сегодня формируются в ТЭК и других природноэксплуатирующих отраслях.

Последняя трактовка ренты представляется более предпочтительной. Она учитывает то обстоятельство, что в условиях рынка худшие по качеству ресурсы также имеют цены. Например, цена худшей земли определяется как капитализированная абсолютная рента. Применяется и дифференциальная рента. Она служит основой для определения индивидуальной ставки платы за ресурс. Так, при наличии различных месторождений предприятия, работающие на средних и лучших месторождениях, получают дифференциальную сверхприбыль, которая превращается в ренту и выплачивается собственнику ресурсов.

Рента, собственность на природные ресурсы и плата за них взаимосвязаны и взаимообусловлены. В

современных условиях изъятие ренты осуществляется через платежи за ресурсы. Присвоение собственником платы за природные ресурсы и есть способ реализации собственности. Поэтому региональные органы власти должны более бережно относиться к своей собственности - природным ресурсам. Методика определения платежей должна быть построена таким образом, чтобы доход от увеличения стоимости добываемых полезных ископаемых поступал в значительной мере собственнику недр. В этой связи актуальны задачи инвентаризации и ведения эколого-экономического и отраслевых кадастров, а также создания региональных органов власти и по управлению фондом недр и использованием его ресурсов. А на макроэкономическом уровне приоритетным должен стать переход от преимущественно фискальной ориентации налоговой системы к стимулирующей экономическую эффективность и прогрессивные структурные сдвиги, а также более полная реализация рентной функции налогообложения природных ресурсов и земли.

Таким образом, плата за природные ресурсы - это экономическая форма отношений, складывающихся в процессе владения, пользования и распоряжения природными ресурсами между их собственниками и пользователями. Регион присваивает ренту, так как является собственником недр, а в случае с землей - земельную ренту или налог на нее (последнее применяется, когда земля принадлежит частным лицам).

Необходимые правовые предпосылки для присвоения и реализации рентных платежей в регионе не существенно разработаны и в ряде случаев возведены в ранг законов. Согласно Закону РФ «О недрах», 1995, недра в границах РФ, включая подземное пространство и содержащиеся в недрах полезные ископаемые, энергетические ресурсы и иные ресурсы, являются государственной собственностью. Вопросы владения, распоряжения и

пользования недрами находятся в совместном ведении РФ и субъектов РФ. Добытые из недр полезные ископаемые и иные ресурсы по условиям лицензии могут находиться в федеральной собственности, собственности субъектов РФ, муниципальной, частной и иных формах собственности.

В компетенцию региональных органов входят: разработка и реализация территориальных программ развития и использования минерально-сырьевой базы; установление порядка пользования недрами; лицензирование видов деятельности, связанной с использованием участками недр регионального и местного значения, а также определение форм и установление размеров платы за пользование ими.

Самый важный вопрос - реализация рентных платежей.

На основе отчислений от ренты целесообразно сформировать региональный фонд для обеспечения стабильного социально-экономического развития соответствующей территории как в настоящее время, так и в период после истощения запасов полезных ископаемых. Как справедливо отмечает В.В. Жиделева (1990), без обособления этих средств нельзя осуществить эффективное использование.

Здесь представляется необходимым шире использовать зарубежный опыт. Так, в Канаде, в провинции Альберта за счет отчислений от прибылей нефтегазовой и угольной промышленности (15 – 30%) создан кредитный фонд. На Аляске (США) региональный фонд формируется за счет 25% отчислений от прибыли нефтяных корпораций.

Основываясь на опыте сырьедобывающих регионов и стран, добившихся крупных успехов в решении аналогичных проблем, можно предположить, что основные расходы регионального фонда будут связаны, прежде всего, со структурной перестройкой народного хозяйства, а также с развитием инфраструктуры как основы оживления

предпринимательской деятельности во всех, сферах региональной экономики.

Для того чтобы использовать региональный фонд развития и другие, уже имеющиеся внебюджетные фонды, следует как можно быстрее приступить к научным проработкам по формированию социально-экономической программы развития, учитывающей истощение сырьевого потенциала, использование вторичного сырья, создание новых конкурентоспособных видов производства, решение назревших задач безопасности жизнедеятельности. Реализация этих положений требует целенаправленных исследований по определению цены природных ресурсов и оценке природных условий.

#### Проблемы управления геоэкологическими системами.

При принятии решений необходимо не отделять экономику от экологии, так как "производство товаров и услуг не может быть легко отделено от биофизической действительности" (Ellwood, 1996). Поэтому в природопользовании необходимо освоить новый процесс принятия решений – коллективный, который приведет к более быстрым переменам и более рациональному использованию ресурсов.

Цели в этой области: рациональное использование ресурсного потенциала региона; воспроизводство возобновляемых ресурсов в интересах обеспечения настоящих и будущих поколений; последовательное решение проблем развития регионального хозяйственного комплекса на пути достижения его полной биосферосовместимости.

Достижение этих целей требует решения следующих задач: обеспечение технологической дисциплины и выполнения проектных технологических параметров на всех производствах; повышение эффективности контроля за соблюдением существующих ограничений на природопользование

с применением административных и экономических санкций; передача в аренду отдельных природных объектов с условием их рекультивации и рационального использования.

В свете концепции устойчивого развития для формирования эффективного механизма регулирования экологически безопасного развития производства в регионе необходимо дальнейшее развитие системы экономического стимулирования субъектов рыночной экономики на ресурсосбережение и природоохранную деятельность. В то же время важнейшими формами регулирования остаются приобретение государством собственности на средства производства и управление - непосредственно или через владение пакетом акций производственными предприятиями.

Особым вопросом стоит организационное и информационное обеспечение природопользования. Главное здесь - повышение объективности и обоснованности решений по природопользованию путём превращения множества разрозненных данных в систему знаний о состоянии и тенденциях изменения природных ресурсов.

Экономический рост, рациональное природопользование и защита окружающей среды взаимосвязаны. Для достижения этих государственных целей необходимо разработать единую политику, основанную на общепринятой концепции устойчивого развития.

Одновременно с поиском фундаментальных объяснений изучаемых явлений со всей вытекающей из классических представлений строгостью нужно изучать случайные, выходящие за рамки «возможных», катастрофические, рискованные изменения и ситуации и т.п. Так что, подобно тому, как М.Д. Щелкунов (1996) в особенностях подходов, аналогичных синергетике, отметил «ростки нового типа научной рациональности, запрос на которую вызван движением человечества к новой постиндустриальной цивилизации» (с. 60), нам

представляется очевидным, что должна существовать новая, особая наука природопользования, учитывающая эффект эмерджентности таких наук, как экология, экономика, социология, география и др., то есть некая научная рациональность природопользования, которая включает в себя не только строгие экономические, экологические, законодательные и иные законы природопользования, но и представления исследователей интуитивного характера о сложности, иерархичности, управляемости изучаемого объекта и т.п.

### **1.3 Понятие структуры территориальных систем**

Необходимое условие эффективного функционирования территориальной системы – достижение и сохранение состояния равновесия, что в свою очередь определяется ее способностью к саморегулированию и известной устойчивостью по отношению к внешним воздействиям. Это в свою очередь предполагает определенным образом организованный обмен веществом, энергией и информацией как между элементами системы, так и с внешней средой. Организация такого обмена должна быть достаточно гибкой, с тем, чтобы внешние воздействия до известного предела могли быть компенсированы перестройкой связей и структуры системы.

При решении поставленной проблемы целесообразно определить структуру территориальной системы как основного носителя инвариантных по времени свойств. Возникновение структуры возможно лишь в рамках устойчивой территориальной системы. При этом система может быть устойчивой, хотя и состоит из неустойчивых элементов, которые благодаря способу взаимодействия образуют устойчивую структуру или структурную устойчивость (Котляков, Трофимов, Селиверстов, Рубцов, 1999).

Таким образом, одна из фундаментальных характеристик всякой системы, а в особенности устойчивой, - это ее структура. Важность понятия структуры системы определяется, прежде всего, тесной взаимообусловленностью внутренней организацией системы, поведения и взаимодействия составляющих ее элементов, которое реализуется в каких-то определенных рамках. Это проявляется в том, что распределение и перераспределение функций между элементами системы всегда происходит именно в рамках сложившейся структуры, в этом смысле структура выступает как носитель функций. В то же время структура формируется в результате отношений, в которые вступают в процессе своего функционирования элементы системы (Блауберг, Юдин, 1973; Садовский, 1974; Трофимов, Хузеев, 1988). Другими словами, взаимодействие любых объектов в той или иной мере организовано.

Однозначного и полного определения структуры системы, в том числе и территориальной, не существует – их множество. Можно считать, что для каждого исследователя это скорее интуитивное понятие (Васильев, 1992). Приведем лишь некоторые из них, в которых структура определяется следующим образом:

- строение и внутренняя форма организации системы, выступающие как единство устойчивых взаимосвязей между ее элементами (Философский..., 1983);

- относительно устойчивый способ организации системы (Краткий словарь..., 1982);

- внутренняя форма системы, представляющая собой способ взаимосвязи образующих ее компонентов (Афанасьев, 1981);

- совокупность отношений между подсистемами, принадлежащими данному декомпозиционному множеству (Математика..., 1975);



– организация системы из отдельных элементов с их взаимосвязями, которые определяются распределением функций и целей, выполняемых системой (Цвиркун, 1982).

Если попытаться отобрать то общее, что содержат определения структуры, то можно прийти к выводу, что это понятие акцентирует внимание, прежде всего на свойствах упорядоченности, организации и устойчивости системы. Особого внимания заслуживает, на наш взгляд, представление о структуре как инвариантном аспекте системы, т.е. как о понятии, тесно связанном с инвариантностью важнейших характеристик системы (Афанасьев, 1981). Однако, как известно, свойство инвариантности зависит от типа преобразования: по отношению к одним типам преобразований характеристика может быть инвариантной, относительно других – нет, тогда как понятие структуры должно, очевидно, сохранять свое содержание для всех типов преобразований. Это в полной мере справедливо, конечно, и в отношении территориальных систем. Поскольку территориальные системы обладают значительной инерционностью, так что всякое их преобразование требует известного времени, то, как правило, все типы преобразований удастся более или менее успешно трактовать как преобразования по времени. Именно с таким типом преобразований связано встречающееся в географии представление о структуре как «носителе памяти геосистемы» (Зейдис, Симонов, 1980; Раковская, 1980).

Очень важен, по нашему мнению, для осмысления понятия «структура» вопрос о числе возможных структур у одной и той же системы. Это принципиальный вопрос, поскольку от его решения зависит и содержание, вкладываемое в это понятие. В литературе встречаются представления о наличии множества структур у одной и той же территориальной системы, что, конечно, обусловлено, прежде всего, их сложным строением.

Им приписывают наличие территориальных, иерархических, поэлементных, покомпонентных, пространственных, пространственно-временных, морфологических, стратиграфических, отраслевых и других структур.

Например, выделяют четыре исходные структуры: производственно-технологическую, организационную, пространственную и социально-экономическую (Горкин, Гохман, Смирнягин, 1976); отмечается (Хузеев, 1989) наличие двух иерархически соподчиненных структур – отраслевой и территориальной. Было предложено (Василевский, Полян, 1978) различать два типа структур, выделяемых по системообразующему отношению, по атрибутивным отношениям, по отношениям иерархии. Ряд авторов (Архипов, Хузеев, 1980; Алаев, 1983; Трофимов, Хузеев, 1988) выделяют территориальную и функциональную, эффективную и напряженную структуры, организационную, экономическую, социальную, демографическую, пространственную структуры. Кроме того, предлагается выделять структуры (Шарыгин, 1986) по субстанциональной принадлежности элементов (пространственная, транспортная, социальная и др.), по выполняемой ими функции (экономическая, природно-ресурсная, рекреационная и т.д.), по составу (родовые и видовые), по отношениям между элементами (линейные, точечные, объемные, иерархические и т.п.) и рассматривать структуру (Тютюнник, 1990) как взаимодействие между всеми телами, вещами, явлениями независимо от их внутренней природы и структуры макромасштабного воздействия. В тоже время выделяют шесть структурных составляющих (Осипов, 1996): население и среда его обитания; природно-ресурсный блок; производственная подсистема; социальная подсистема; духовная сфера и блок управления.

При этом не существует общепринятых определений подобных структур; нередко этот вопрос просто обходится молчанием. В таких случаях

предполагается, что читатель должен сам составить себе представление о названной структуре. И действительно, когда речь идет, например, о территориальной структуре, то в целом ясно, что имеются в виду некоторые соотношения между отдельными, обычно непересекающимися территориальными частями целого. Так, понятие территориальной структуры конкретизируется как совокупность таких связей и между такими элементами, где обязательным условием реализации связей служит преодоление пространства, а один из резервов оптимизации кроется в сокращении пространственных затрат энергии (Алаев, 1983) или определяет (Лаппо, 1974) территориальную структуру хозяйства как структуру, которая характеризует размещение производительных сил, территориальное распределение центров тяжести экономической значимости и активности, соотношение центра и периферии, начертание важнейших трасс экономического взаимодействия, степень «мозаичности» (или, наоборот, «крупноблочности») экономических ландшафтов. Территориальная структура хозяйства (Майергойз, 1986) – это «взаиморазвитие территориальных центров тяжести народного хозяйства (прежде всего материального производства), а также отдельных его отраслей в общегосударственном сочетании, основанные на непрерывности функционирования «трасс» этого взаимодействия». Территориальным структурам посвящен целый ряд географических работ (Василевский, Полян, 1978; Хузеев, 1989; Рубцов, 1993; Осипов, 1996). Другим видам структур (Горкин, Гохман, Смирнягин, 1976; Философский..., 1983; Васильев, 1992 и др.) в географической литературе уделяется значительно меньше внимания, что, конечно, вполне объяснимо.

Отсутствие общепринятого определения структуры системы, существующая при этом «недосказанность» содержат в себе зародыш возможной путаницы в исследованиях, так как

смысловые различия понятие «структура» у разных исследователей могут привести к несопоставимости и даже противоречивости выводов относительно одного и того же объекта. Например, понятие структуры ведет нас к идее комплекса, или целостности, в случае, если мы рассматриваем его онтологический аспект, и к идее операционной системы, если мы акцентируем внимание на его гносеологическом аспекте (Мулуд, 1973; Тютюнник, 1990).

Здесь важно различать два смысловых оттенка понятия «структура» (Хузеев, 1989). С одной стороны, интуитивно ясно и никем не оспаривается, что всякая система имеет «нечто», тесно связанное с инвариантностью ее характеристик, упорядоченностью, организацией и устойчивостью, и имеет множество определений, среди которых нет общепризнанного. Это «нечто» составляет содержание понятия «структура» вообще, без определяющего дополнения. С другой стороны, «частные» структуры (территориальные, отраслевые, иерархические и т.п.) можно рассматривать как результат попыток и усилий как-то упорядочить то многообразие, пестроту и кажущийся хаос, которыми представляется сложноорганизованная система. В этом смысле структура – это те проявления инвариантности, упорядоченности, организации и устойчивости системы, которые важны для исследователя в соответствии с его целью или которые ему удалось уловить. Чтобы различать эти два смысловых оттенка понятия структуры, можно использовать термины «общая структура» и «частная структура». Тогда можно заключить, что каждой системе присуща единственная структура (общая), но множество ее проявлений – частных структур. Таким образом, любой объект определенного уровня организации можно рассматривать либо в качестве структуры взаимодействия объектов более низкого уровня организации, либо как элемент в структуре взаимодействия объектов одного с ним уровня –

взаимодействия, порождающего объект более высокого уровня организации (Тютюнник, 1990).

Множество проявлений одной и той же структуры можно трактовать как результат различных процедур структуризации, понимая под последней выделение декомпозиционного множества, а также выявление и целенаправленный отбор отношений между элементами данного множества. Если цель исследования четко определена и ставится задача изучения взаимного расположения элементов системы в пространстве и их взаимодействия для цели более высокого порядка, то в соответствии с ней существует и некоторая упорядоченность различных видов отношений по признаку их важности для достижения поставленной цели и поэтому позволяющая отобрать существенные с этой точки зрения отношения. В этом случае можно выделить соответствующие параметры, и тогда процесс структуризации можно представить как разбиение существенных отношений на два подмножества в соответствии с их ролью в процессе структуризации: подмножество отношений, являющихся системообразующими при формировании структурных единиц (отношения декомпозиции), и подмножество отношений взаимодействия между выделенными структурными единицами. В общем случае не исключено пересечение этих двух подмножеств. Такое представление процедуры структуризации, на наш взгляд, позволяет взаимоувязать все проявления общей структуры как результат различных операционных процедур над одним и тем же исходным множеством элементов и их отношений. Поскольку размещение элементов структур хаотично, бессмысленно следить за каждым элементом в отдельности. Следует рассматривать сразу всю совокупность элементов, которые в заданный момент занимают определенное положение и выполняют конкретные функции. При этом задача определения элементов множества любого типа может быть решено достаточно просто путем

кластеризации. Следовательно, все проявления структуры генетически связаны между собой, и это дает основания оперировать понятием общей структуры, абстрагируясь от ее конкретных проявлений. Но следует иметь в виду, что отличительной чертой общей структуры служит не наличие определенного набора частных структур, обуславливающих ее облик, а специфика взаимодействия этих структур.

Представление о структуре территориальной системы как носителе функций и одновременно как инварианте по времени позволяет ставить вопрос об управлении системой путем целенаправленных воздействий на их структуру. Это, разумеется, самая общая постановка вопроса, так как, несмотря на несомненную взаимозависимость структуры и процессов функционирования и развития, однозначного соответствия между ними нет. Это связано, прежде всего, с тем, что механизмы функционирования и развития действуют в значительной мере автономно.

Функционирование по своему содержанию есть движение в пределах одного качественного уровня и связано лишь с перераспределением функций и связей в системе. Оно может быть описано сменой состояний системы, причем так, что каждое последующее состояние непосредственно предопределено предыдущими и укладывается в рамки логики данного уровня. Тем самым функционирование предполагает сохранение в целом имеющейся структуры, допуская ее изменения в пределах одного качественного уровня, что позволяет определять устойчивость территориальной системы как способность при внешнем воздействии пребывать в одном из своих состояний и возвращаться в него за счет пластичности, не выходя при этом за рамки инварианта в течение заданного интервала времени.

Развитие же представляет собой такую смену состояний, в основе которой лежит невозможность сохранения по каким-либо причинам прежних

способов функционирования. Следовательно, в процессе развития система оказывается как бы вынужденной перейти на новый качественный уровень, причем условием такого перехода служит изменение способа организации системы, ее структуры (Блауберг, Юдин, 1973). Происходит переход накапливающихся количественных изменений в новое качество, как бы перерыв постепенности, система переходит на новый уровень с изменившимся способом функционирования, структурой, т.е. обретает новое качество. Новая структура обладает и новой устойчивостью.

Таким образом, если функционирование – это своего рода механизм сохранения и поддержания существующей структуры, то развитие – в известном смысле процесс, действующий в противоположном направлении – в сторону ломки старых и формирования новых структур. Но при этом большее внимание следует уделять не только и не столько источникам и факторам воздействия, но, прежде всего, механизму их влияния на структуру и функции территориальных систем.

В связи с этим возникает вопрос об эффективности (целесообразности) устойчивой структуры территориальной системы, если иметь в виду, что от способа организации системы, ее общей и частных структур зависят и ее функциональные параметры. Устойчивая структура считается эффективной только в том случае, если она способствует успешному функционированию системы и достижению ее целей.

При этом следует обратить внимание, по крайней мере, на два аспекта оценки эффективности устойчивости структуры: в зависимости от того, насколько распределение функций в системе соответствует распределению интересов, и от того, насколько успешно способствует структура системе трансформации и взаимной адаптации имманентных интересов частных структур и отдельных элементов системы. В этом плане процесс взаимного сближения

функций и интересов в системе можно рассматривать как процесс совершенствования структуры, т.е. процесс, вполне определенно направленный на повышение уровня организации системы и взаимной согласованности поведения ее отдельных частей. По мере совершенствования структуры перестраиваются процессы взаимодействия: степень их упорядоченности возрастает, а интенсивность усиливается, и как результат повышается устойчивость системы к внешним возмущениям. Но возникает вопрос об определении нагрузок на структуру, с тем, чтобы не выйти за допустимые пределы эффективной устойчивости территориальной системы.

В качестве такого индикатора, по нашему мнению, при определении степени эффективности устойчивости структуры территориальной системы целесообразно использовать показатель состояния триады "природа-население-хозяйство", учитывая при этом инертность, толерантность, саморегуляцию, возможность образовывать новые состояния каждой из составляющих триады, их скорости развития и то, на каком этапе (фазе) развития они находятся.

При подобной трактовке процесса формирования структуры территориальной системы она может рассматриваться как относительно устойчивая совокупность отношений между элементами триад, с помощью которых достигается и поддерживается некоторый компромисс, необходимый для существования системы. При этом имеется в виду компромисс, являющийся результатом согласования интересов как одного, так и разных уровней развития составляющих триаду компонентов. Другими словами, эффективную устойчивость структуры территориальной системы допустимо рассматривать как способ сосуществования интересов, а компромисс - как способ существования системы. При этом процесс развития системы, связанный с переходом к новым структурам, можно соотнести с ситуациями, когда прежний компромисс между носителями



интересов в системе становится неприемлемым по мере трансформации представлений, составляющих содержание интересов, а также изменения функций в силу внешних по отношению к системе причин.

Способность структуры к совершенствованию во многом определяет особенности поведения территориальной системы и возможности управления ею. Если способность структуры к совершенствованию достаточно высока и, следовательно, эффективная устойчивая структура сравнительно легко достижима, то, очевидно, можно говорить о наличии предпосылок эффективного управления развитием территориальной системы в соответствии с заданными целями и критериями.

Одной из наиболее сложных с точки зрения реализации проблем представляется математическая (формализованная) формулировка данного понятия. Наиболее успешно данная проблема (экспликация) решается после выполнения процедуры, которую можно назвать структурированием. Процесс структуризации есть множество отношений, являющихся системообразующими при формировании структурных единиц (отношений декомпозиции), и множественность отношений взаимодействия между выделенными структурными единицами (Криницкий, Миронов, Фролов, 1982; Рубцов, 1993). Ее сущность заключается в следующем. Изучаемую территориальную систему (объект, процесс) представляют как совокупность более простых частей (подсистем), связанных определенными отношениями. Затем, если полученные части не поддаются математическому описанию, указанную процедуру применяют к каждой такой части. После того, как описываемый процесс привел к частям, которые удалось эксплицировать, производится подстановка частей друг в друга, до тех пор, пока не будет получена экспликация всей изучаемой системы (объекта, процесса).

Подобная процедура структуризации позволяет связывать все проявления общей структуры территориальной системы как результат различных операционных процедур над одним и тем же исходным множеством элементов и их отношений. Тогда под структурой можно понимать множество, если между его элементами установлены определенные отношения или над ними определены некоторые операции.

В этом случае можно выполнить формализованную запись структуры.

1. Общая структура системы представима через множество частных структур всевозможных рангов, формирующих

$$S_{об} = \{A_s, F_s, R_s\}, \quad (1)$$

где  $A_s = \{A_1, A_2, \dots, A_n\} = \{A_i\}_{i=1}^n$  – множество частных структур;  $F_s$  – множество отношений, определенных на частных структурах;  $R_s$  – множество операций, заданных на частных структурах;  $S_{об}$  – общая структура геосистемы.

2. Частная структура системы представима через множество элементарных структурных единиц, формирующих

$$S_{ч} = \{a_s, f_s, r_s\}, \quad (2)$$

где  $a_s$  – конечное множество элементарных структурных элементов;  $f_s$  – множество отношений, определенных на элементарных структурных единицах;  $r_s$  – множество операций, заданных на элементарных структурных единицах;  $S_{ч}$  – частная структура геосистемы.

Данный подход позволяет использовать для моделирования структур (общих и частных) географических образований аппарат теории множеств, что в свою очередь позволяет устанавливать соответствие модели и моделируемых структур, выделять частные структуры определенного ранга системы по свойствам их внутренней структуры; использовать различные комбинации элементарных структурных единиц (частных структур), множества отношений и множества операций в качестве

основания для эталонов моделируемых структур и т.д.

Данный подход позволяет использовать для моделирования структур (общих и частных) географических образований аппарат теории множеств, что в свою очередь позволяет устанавливать соответствие модели и моделируемых структур, выделять частные структуры определенного ранга системы по свойствам их внутренней структуры; использовать различные комбинации элементарных структурных единиц (частных структур), множества отношений и множества операций в качестве основания для эталонов моделируемых структур и т.д.

Очевидно, в большинстве случаев возникает вопрос об адекватности полученного математического описания. Если решаемая задача в содержательном плане несложна, то проверку адекватности можно произвести путем экспериментальных расчетов, использующих исходные данные, искомые результаты которых получены экспериментально. Рассчитанные результаты должны отличаться от контрольных на величину, не большую, чем это допускает содержательная постановка задачи.

В тех случаях, когда искомым результатом служит сама структура, адекватность ее математического представления проверяется путем обратной связи, т.е. интерпретации математической структуры в терминах исследуемой содержательной структуры, путем экспликации. Нужно иметь в виду (Краткий словарь ..., 1982), что, во-первых, интерпретируя формальную структуру, можно иногда, кроме исследуемой содержательной структуры, получать и другие структуры (но при другом способе отображения) и, во-вторых, экспликацию можно производить разными способами, получая при этом разные формальные структуры.

Первый случай говорит об аналогиях между различными содержательными проблемами и может привести к важным теоретическим выводам. Второй случай приводит нас к выводу о возможности выбора формального описания содержательной задачи, а это в свою очередь - к имитационной модели, которую реализуют в виде программ для ЭВМ, включая в эту программу также средства обратного перехода к показателям содержательной структуры.

Что касается общих правил или методов, определяющих выбор допущений, предположений, способов описания моделируемых процессов, явлений, следует отметить отсутствие строгих требований. Эта работа неформальна, она зависит от конкретных особенностей отображаемой территориальной системы и требований, предъявляемых исследователем к информации. Следует иметь в виду следующее: чтобы построить структуру, необходимо описать отображаемую область системы. Этот процесс можно представить в виде последовательности этапов: 1) содержательное описание области; 2) математическое описание области; 3) информационное описание (в виде символической конструкции, набора формальных языков и системы алгоритмов); 4) машинная реализация информационного описания.

Постановка проблем формализации географических знаний для целей моделирования структуры территориальных систем неизбежно приводит к ее упрощению и предполагает содержательный и пространственный аспекты.

Это связано в первую очередь с наличием ряда дополнительных ограничений, вытекающих из необходимости эффективного представления знаний для ЭВМ.

К содержательной стороне знаний, необходимых для формализации и автоматизации моделирования структур, можно отнести следующие элементы географических знаний: элемент системы или элементарный географический объект; типы,

подтипы географических объектов; группу географических объектов; комплексы географических объектов; отношения, действия, операции, географические закономерности и отдельные факты; геоситуации и т.д.

Пространственный аспект предполагает отображение указанных выше элементов на картографической (топографической) основе. К ним относятся точка, линия, ареал, площадь, сеть, решетка (сетка), распознавание, текстура и др.

В качестве средств описания географических образований предполагается использовать различные совокупности таблиц, ориентированных на фиксацию зависимостей между переменными, характеризующими различные стороны, аспекты этих образований. В качестве основы описания элементарного географического объекта может быть выбран один из простейших геометрических образов: точка, линия и т.д., с каждым из которых связывается набор собственных переменных, принимающих числовые или словарные значения, и набор дополнительных переменных, характеризующих географические особенности рассматриваемого объекта.

В ряде случаев при описании отображаемой области системы делается предположение, что она представляет собой совокупность объектов, каждому из которых присущи вполне определенные характеристики; при этом каждый объект считается имеющим наименование, а каждая характеристика - имеющей название и определенное значение, свойственное данному объекту. Следовательно, описание каждого объекта можно рассматривать как набор триад, имеющих вид  $\{x_i, y_j, z_{ij}\}$ , где  $x_i$  - наименование объекта,  $y_j$  - название характеристики,  $z_{ij}$  - значение характеристики. Данное описание позволяет получить объектно-характеристическую структуру моделируемой области.

Обобщением объектно-характеристической структуры служит так называемая триадная

структура моделируемой области. Предположим, что область системы может быть описана с помощью вектора  $P$ , например  $P = \{X_1, X_2, \dots, X_n\}$ , где  $X_i$  - предметные переменные. Совокупность их значений - это описание некоторого явления или состояния некоторой части моделируемой области. Аналитическое выражение вектора  $P$ , как правило, найти не удастся, но его можно задавать, перечисляя наборы значений предметных переменных. Чтобы освободиться от необходимости перечисления значений предметных переменных в том порядке, в котором они фигурируют в обозначении  $P$  ( $X_1, X_2, \dots, X_n$ ), каждому из них приписывают название. Появляется возможность описывать каждый объект или состояние в виде строки  $\{(R_i, X_1), (R_i, X_k)\}$ , где  $R_i$  - название этой переменной.

Чтобы освободиться от необходимости группировки пар  $(R, X)$  в строки, для каждой строки вводят определенный символ ( $S$ ) и заменяют каждую пару  $(R, X)$  данной строки триадой  $(R, S, X)$ .

Теперь описание всей системы или ее части можно представить в виде совокупности таких триад, взаимное расположение которых может быть произвольным.

Обобщением рассмотренных подходов к описанию структуры системы служит гипотеза о релятивной структуре описываемой территориальной системы (основанная на математическом понятии отношений). Сущность этой гипотеза заключается в том, что система рассматривается как совокупность нескольких множеств, между элементами которых существуют некоторые отношения. Это позволяет использовать для формулировки описания модели реляционной алгебры (Трофимов, Гнеденков, 1990; Трофимов, Панасюк, Рубцов, 1990). Например, для представления единичного точечного географического объекта, расположенного на плоскости, задаются значения координаты  $(x_1, x_2)$  положения точки на плоскости и значения переменных  $(l_1, l_2, \dots, l_g)$ ,  $(g_1, g_2, \dots, g_r)$ , характеризующих объект с

географической точки зрения. В частности, если точечным объектом служит населенный пункт, то среди переменных набора могут быть "численность населения", "половозрастной состав", "объем строительства" и т.д. В списке переменных могут быть переменные, принимающие словарные значения: например, "наименование населенного пункта", "тип поселений". Одновременная фиксация значений  $(a_1, a_2)$  координат  $\{x_1, x_2\}$  и значений  $\{b_1, b_2, \dots, b_g\}$   $\{c_1, c_2, \dots, c_r\}$  переменных  $\{l_1, l_2, \dots, l_g\}$ ,  $\{g_1, g_2, \dots, g_r\}$  определяет однострочную таблицу вида,

$x_1, x_2$	$l_1, l_2, \dots, l_g$	$g_1, g_2, \dots, g_r$
$a_1, a_2$	$b_1, b_2, \dots, b_g$	$c_1, c_2, \dots, c_r$

(3)

рассматриваемую как представление точечного географического объекта.

Представление множественного точечного географического объекта, состоящего из совокупности однородных единичных точечных географических объектов, осуществляется заданием многострочной таблицы вида:

$x_1, x_2$	$l_1, l_2, \dots, l_g$	$g_1, g_2, \dots, g_r$
$a_{11}, a_{12}$	$b_{11}, b_{12}, \dots, b_{1g}$	$c_{11}, c_{12}, \dots, c_{1r}$
...	...	...
$a_{k1}, a_{k2}$	$b_{k1}, b_{k2}, \dots, b_{kg}$	$c_{k1}, c_{k2}, \dots, c_{kr}$

(4)

Представление единичного линейного объекта (линии) выполняется заданием набора точек  $\{p_1, p_2, \dots, p_k\}$ , лежащих на представляемой линии, и набором переменных  $\{z_1, z_2, \dots, z_n\}$ , характеризующих линейный объект в целом и принимающих числовые и словарные значения. В частности, если линейным объектом является транспортная сеть, то среди переменных набора  $\{z_1, z_2, \dots, z_n\}$  могут быть "общая протяженность", "вид покрытия", "наименование дороги" и т.д.

Характеризуя линию ломаной, состоящей из отрезков  $(a_i, b_i)$ , и задавая каждой точке  $P_i$  ее координаты  $c_i$ , приходим к следующему представлению линейного объекта в виде таблицы:

	$\Gamma$	$\xi$	$Z$
$1P_2$	$1g_n$	$1...Z_n$	
			$C$
			$1...C_n$
			$C$
			$1...C_n$
			$\dots$
			$C$
			$1...C_n$

(5)

где отдельная строка  $\{a_1^k a_2^k, b_1^k b_2^k; c_1...c_n\}$  определяет отрезок с началом в точке  $\{a_1^k a_2^k\}$  и концом в точке  $\{b_1^k b_2^k\}$ . При

этом все строки таблицы (5) характеризуются одним и тем же набором значений параметров  $\{c_1, c_2, ..., c_n\}$ , в целом характеризующих линейный объект.

Подразделяя линейные объекты на ориентированные и неориентированные, можно ввести в таблицу (5) дополнительную строку  $N$  (номер строки), характеризующую порядковый номер отрезка при обходе линии в заданном направлении, в этом случае таблица (5) приобретает вид:

	$\Gamma$	$\xi$	$Z$
$1P_2$	$1g_2$	$1...Z_n$	
			$C$
			$1...C_n$
			$C$
			$1...C_n$
			$\dots$
			$C$
			$1...C_n$

(6)

Возможно, каждый отрезок ломаной характеризуется, кроме глобальных  $\{z_1...z_n\}$ , локальными переменными  $\{t_1, ..., t_2\}$ , наборы значений

которых могут быть различны для разных отрезков ломаной.

Сетевой географический объект может быть задан совокупностью точек плоскости, набором соединяющих их отрезков, набором глобальных параметров, характеризующих объект в целом, набором характеристик, связанных с отдельными линиями, точками, отрезками.



Площадной географический объект может задаваться с помощью ограничивающих его линий или же совокупностями треугольников, квадратов, правильных шестиугольников, выбираемых из множества фигур, полностью покрывающих плоскость. При этом сетевые и площадные объекты задаются таблицами составляющих их элементов.

При наличии структурных ограничений (например, таких, как обязательное совместное нахождение каких-либо элементов в одной из частных структур или, наоборот, невозможность нахождения элементов в одной из структур) исследователю предоставляется возможность задавать эти ограничения формулами вида (Человеко-машинные..., 1987):

$$(a_1; \dots; a_m) - (b_1; \dots; b_k).$$

Данная формула означает, что элементы обязаны быть в одной структуре и в нее не могут быть включены элементы  $b_j$ .

Предлагаемые подходы позволяют строить различные варианты декомпозиции элементов структур системы - как общих, так и частных. Кроме того, имеется возможность задания "образующих" элементов структуры. На этом этапе возможно как алгоритмическое, так и заданное описание "образующих" элементов. Ограничения, накладываемые на организацию структур, элементов, можно либо задавать сразу критическими, выбирая их экспертно, с учетом других структурных характеристик системы, либо увеличивать их значения постепенно, по мере укрупнения структур. Разные подходы к моделированию структур приведут к различным вариантам декомпозиции с разными структурными характеристиками, что позволяет при моделировании структуры сравнивать их не только по тем структурным характеристикам, которые учитываются в формальных процедурах, но и с экспертными вариантами.

#### **1.4. Пространственное выражение геоэкологических систем.**

Комплексная эколого-экономическая система (геоэкосистема) понимается как пространственно оформленная социо-эколого-экономико-демографическая целостность. Пространственное оформление подразумевает существование границ, определенное положение по отношению к другим системам такого же рода и, главное, существование внутренних пространственных взаимоотношений. Каждое состояние геоэкосистемы соответствует некоторому набору (спектру) экоситуаций, отражающих взаимодействующую совокупность экологических, экономических и социальных факторов.

Все геоэкологические проблемы представляют, в конечном счете, результат всех видов деятельности человека в природе, во взаимодействии с ней.

Обратимся вновь к теории сбалансирования интересов. Признание объективно существующих в КЭЭС интересов разного содержания подводит к понятию компромисса. *Речь идет о поиске компромиссов (разумных и приемлемых) между природой, населением и производством, интересы, которых находятся в постоянном противоречии. Поиск таких компромиссов и составляет, в конечном счете, цель всех геоэкологических исследований.* Наряду с частными задачами согласования интересов в социально-экономических территориальных системах сформировался и значительно более широкий подход к проблеме согласования интересов (Трофимов, Хузеев, 1987). В его основе — признание объективно существующих интересов как побудительной силы процессов, протекающих в географических системах и во многом определяющих их структуру, функционирование и развитие, а также признание свойств размытости геоэкосистем в качестве одного из фундаментальных свойств. Учет этого свойства важен, прежде всего, в контексте задач управления. Всякое управление предполагает целенаправленные воздействия на объект управления. В силу размытости границ

географических систем результаты этих воздействий не локализуются в объекте управления, а существенным образом выходят за его рамки. Следовательно, каждый реальный географический объект испытывает на себе не только воздействие, направленное на него, а в той или иной степени и воздействия, адресованные другим объектам аналогичной природы. Это серьезным образом усложняет проблему управления географическими объектами, всякий раз вынуждая считаться с возможностью того, что управляющие воздействия могут оказаться неэффективными из-за помех, вызванных проникновением «посторонних» воздействий.

Проявления интересов в геоэкосистемах очень многообразны. Они плохо поддаются формальному описанию, менее конкретны, не так хорошо осознаны, как, к примеру, в экономике, менее прочувствованы их носителями. Недостаточно строгий характер многих интересов в геоэкосистемах в многообразие их проявлений приводят к тому, что значительные трудности представляет даже корректная словесная формулировка критерия качества компромисса. Из этого следует, что при согласовании интересов в географических системах значение и возможности строгих методов сравнительно ограничены и на первый план выходят методы неформальные и полужформальные. Такой подход согласования интересов в геосистемах продиктован не только и даже не столько недостаточной разработанностью строгого математического аппарата, сколько более глубокими причинами, связанными с самой сутью понятия геоэкосистемы. По всем критериям геоэкосистемы являются очень сложными, а главное, некорректно определенными, прежде всего потому, что их поведение во многом определяется суждениями, знаниями, пристрастиями и даже эмоциями людей, которые, как известно, не всегда руководствуются соображениями целесообразности, а точнее, по-

разному эту целесообразность понимают. Речь идет о так называемой ограниченной рациональности: решение принимается на реальной основе, но с учетом особенностей окружающей среды в понимании, лиц, принимающих решение. Известен принцип несовместимости Л. Заде (1976), согласно которому высокая точность исследования несовместима с большой сложностью объекта исследования. Поэтому наиболее оправданный путь исследования таких объектов видится не в разработке изощренного математического аппарата, а в создании логических, содержательных приемов и методов, позволяющих при минимуме используемого математического аппарата получать нетривиальные результаты.

Процедура достижения компромисса в самом общем виде может быть осмыслена как некоторое подобие выработки коллективного решения, когда все стороны, участвующие в конфликте, соотносят и соизмеряют свои требования со складывающейся в системе ситуацией. Корректировка своих требований даже в сторону их уменьшения должна быть в интересах участника конфликта, так, чтобы неверная оценка своих возможностей в достижении целей, излишняя несговорчивость могли бы привести к большим потерям, чем разумное сокращение своих требований.

Наиболее целесообразной формой описания интересов участников конфликта в геосистеме служит задание отношений предпочтения на множестве возможных состояний. Важно различать два типа отношений предпочтения. Для первого типа характерны предпочтения, которые можно измерить только на порядковой шкале, т. е. лишь констатировать факт предпочтения (или эквивалентности) одной альтернативы при сравнении ее с другой (так называемые неметризованные отношения предпочтения). Второй тип предполагает не только установление факта предпочтения или эквивалентности альтернатив, но и некоторую

количественную оценку силы предпочтения (так называемые метризованные отношения предпочтения). Когда интересы участников конфликта в геоэкосистеме рассматриваются лишь в виде неметризованных отношений предпочтения, процедура отыскания компромиссного решения строится по аналогии с процедурами выбора коллективного (обобщенного) отношения предпочтения на основе множества заданных. Наличие информации в виде метризованных отношений предпочтения дает возможность обратиться к более тонкому инструменту анализа, в основе которого лежат понятия теории размытых множеств. Предполагаемые процедуры отыскания компромиссных решений ориентированы на минимально возможные в сложившихся условиях ущемления интересов сторон (в частности, природы, населения и производства). Методы теории принятия компромиссных решений в географии при использовании их для решения практических задач позволяют получать ценные результаты и представляются перспективными для решения широкого класса географических, в том числе геоэкологических, задач.

Изучение территориальных систем (включая геоэкосистему) в качестве объектов моделирования и управления выявляет наличие одного важного свойства, которое во многом определяет поведение систем и диктует необходимость весьма своеобразного нетрадиционного подхода к исследованию и интерпретации результатов. Речь идет о свойстве размытости геоэкосистем, которое следует рассматривать как их имманентное свойство, тесно связанное с самой сущностью понятия геосистемы (Трофимов, Хузеев, 1987; Трофимов, 1988). Под размытостью понимается тот тип неопределенности, который связан с размытыми множествами, т.е. совокупностями объектов, принадлежность к которым может быть не только полной, но и частичной. Другими словами,

размытость имеет место тогда, когда не существует четкой границы между объектами, которые обладают заданным свойством, и объектами, которые им не обладают. Анализируя любую систему, исследователь фактически рассматривает некоторую выделенную часть более общей системы. Выделение подсистемы означает введение границ, которых на самом деле не существует, так как охватывающая система практически никогда не является дискретной совокупностью подсистем, она, скорее, «континуум», в котором подсистемы проникают друг в друга. В таком «континууме» переход одной подсистемы в другую происходит непрерывно, четкие границы между ними, скорее, исключение, чем правило. Поэтому практически любая выделенная часть общей системы может рассматриваться как размытое множество. Исследователи, занимающиеся проблемами размытости, практически единодушны в том, что важнейшим источником размытости служит человеческое восприятие реального мира, способность человека думать и делать заключения в неточных, неколичественных понятиях. Мир един, и поэтому любая попытка его упорядочения (классификация объектов, проведение границ самого разного вида и т. п.) приводит к субъективным результатам и порождает размытость (Заде, 1976; Орловский, 1981; Кофман, 1982).

С понятием размытого множества тесно связано понятие размытого отношения. К такому типу отношений можно отнести и важнейшие отношения в геоэкосистемах. Так, отношение географичности, связывающее территориальную локализацию объектов с их индивидуальными свойствами, имеет отчетливые черты размытого отношения. Отношения взаимодействия в геоэкосистемах, строго говоря, также следует отнести к типу размытых, учитывая, что сила, направление и характер взаимодействий во многом определяются «человеческим» фактором, т. е. зависят от знаний, точек зрения, особенностей восприятия и даже эмоций людей, принимающих

решения. Отношения сходства на множестве географических объектов, имеющие основополагающее значение при типизации, классификации и районировании, также часто оказываются размытыми (или частично размытыми), особенно в тех случаях, когда признак сходства имеет качественный характер или когда количественные признаки не могут быть измерены достаточно точно.

Имея в виду размытость границ географических систем (в том числе комплексных эколого-экономических), размытый характер важнейших отношений на множестве их элементов, а также принципиально не полную предопределенность их поведения, геоэкосистему можно определить как размытое множество элементов неживой и живой природы, населения и хозяйства на определенной территории, где реализуются некоторые отношения, важнейшими из которых являются отношения географичности, взаимодействия и сходства. Это определение не претендует на всеобъемлющий характер и не призвано конкурировать с другими определениями географических систем. Оно лишь акцентирует внимание на тех особенностях геосистем, учет которых важен с позиций проблемы управления ими.

Размытый характер географических систем приводит к специфическим трудностям при решении многих географических задач. Не всегда удастся достаточно корректно сформулировать цель (критерий) решения, к тому же целей может быть одновременно несколько. Задачи принятия решений в условиях неопределенности принципиально не могут быть сведены к строгим формальным задачам. Поэтому необходим и соответствующий подход к исследованию геоэкосистем. Прежде всего, становится ясно, что возможности строгих количественных методов здесь ограничены и на первый план выходят неформальные и полуформальные приёмы анализа, основу которых можно видеть в методах теории размытых

(расплывчатых, нечетких) множеств и теории экспертных оценок.

Теория размытых множеств — принципиально новое направление в исследовании систем, до которого содержательные аспекты анализа не менее важны, чем вычислительные методы. Аппарат теории размытых множеств открывает широкие возможности для исследования географических систем и представляет собой весьма общий подход к решению широкого класса географических задач. Методы теории размытых множеств позволяют, в частности, не различать в формальном плане цели и ограничения задачи, что очень важно при решении географических проблем, так как многие географические критерии являются составными и имеют эколого-социально-экономическое содержание. Наибольшие возможности размытый анализ представляет при решении задач отыскания компромиссных состояний геоэкосистем. К этому типу задач можно свести все задачи, так или иначе связанные с согласованием несовпадающих интересов в геосистеме, что определяет весьма широкий диапазон возможностей размытого анализа в географии: процессы взаимодействия природы, населения и производства, анализ эффективности схем территориального разделения труда и процессов эколого — социально — экономического районообразования, регулирование городов и систем расселения процессы использования территории, классификация, типизация и районирование и т. д. (Кофман, 1982; Праги, 1986).

Размытые отношения могут рассматриваться как частный случай отношений более общего вида, а именно взвешенных отношений. В географических, в том числе эколого-экономических, системах отношения часто могут быть измерены лишь на порядковой шкале, что сильно затрудняет исследование таких систем. Использование взвешенных отношений с порядковой шкалой весов позволяет более обоснованно подойти к решению



широкого круга задач анализа систем. К ним, в частности, можно отнести декомпозицию систем, классификацию и упорядочение связей, отнесение системы к определенному классу «типовых» систем и др. Значительный интерес представляет, например, задача формирования структуры системы. Применительно к географическим системам эта задача может иметь множество конкретных постановок, однако все они могут рассматриваться как задачи управления, поскольку целенаправленное формирование «желательной» структуры служит важным аспектом процесса управления. Весьма полезны для решения географических задач также модели рациональности взвешенных отношений предпочтения, в которых сила предпочтения измеряется в порядковой шкале. Такие модели более адекватно описывают предпочтения, используемые при принятии решений в отношении геоэкосистем, поскольку учитывают характерные особенности задач управления, в которых требуются упорядочение альтернатив и выбор наилучших из них. Существенный интерес для решения географических задач представляют также алгоритмы кластеризации на основе несимметричного отношения между объектами.

Понятие размытости позволяет в значительной мере по-новому подойти к понятию признакового географического пространства (ПГП), которое в явном или неявном виде присутствует при решении всех практических географических задач (Трофимов, Котляков, Селиверстов, Хузеев, 1996). Географическое пространство, порожаемое признаками, среди которых есть неметризуемые (не имеющие количественного выражения), можно назвать размытым географическим пространством. Если географическую ситуацию понимать как некоторую точку ПГП, то эту ситуацию следует признать размытой (полуформальной), так как положение этой точки в пространстве не вполне определено из-за размытости некоторых координат. В

размытом пространстве точка представляет собой «пятно» с нечеткими очертаниями. Всякая попытка целенаправленного воздействия на геоситуацию будет равноценна попытке переместить соответствующее этой ситуации «пятно» в заданное положение. Из-за нечетких контуров «пятна» такое перемещение будет означать решение задачи в условиях неопределенности, что, несомненно, является важнейшей особенностью многих географических задач. Заметим, что задачи принятия решений в условиях неопределённости в принципе не могут быть описаны строгими математическими моделями. В такой ситуации понятие некоторого фиксированного решения теряет смысл и поэтому нужен особый язык для описания результатов. В основе такого языка естественным образом лежат понятия и термины теории размытых множеств. Методический аппарат теории во многом базируется на содержательных аспектах исследуемой проблемы и за счет этого дает возможность формализовать полуформальные ситуации, вводя те или иные гипотезы. В случае с ППП это означает устранение его размытости, стягивание «пятна» в точку, что, в частности, позволяет приступить к формированию метрики этого пространства. При этом следует иметь в виду, что получаемое в результате этой операции неразмытое ППП — это субъективное пространство исследователя, так как гипотезы, с помощью которых устраняется размытость ППП, основаны на «здравом смысле» субъекта исследования, т.е. на содержательной, концептуальной стороне решаемой проблемы, неформальных географических знаниях, географической интуиции. Следовательно, каждый исследователь будет иметь «свое» пространство — факт, объясняющий, почему в задаче принятия решений в условиях неопределенности понятие однозначного решения лишено смысла. Приведенные здесь соображения не должны вызывать предубеждения против приемов размытого анализа. Использование этих приемов объективно

обусловлено причинами, проистекающими из самой размытой сути объекта исследования.

Одной из важнейших областей использования методов теории размытых множеств в географии является проблема классификации и районирования, а в более широком плане — проблема анализа дифференциации географической среды. Отношения, составляющие основу географического пространства-времени, — это не только взаимодействия, но и раздельность, обособленность. *Отсюда вытекают два важнейших свойства пространства и пространственных отношений — дискретность и континуальность.* Рассматривая географическое пространство как единство соразвивающихся геосистем разных уровней, можно прийти к пониманию дискретности и континуальности в геопространстве. Каскадный характер иерархических систем географического пространства обуславливает тот факт, что обмен веществом, энергией и информацией происходит как в пределах одного уровня, так и между различными уровнями через некоторые «пороги» в виде качественного сдвига. Все это и определяет одновременное существование в географическом пространстве дискретных и континуальных образований.

Выявление и описание дифференциации географического пространства сводится к определению границ между совокупностями самой разной природы (объектов, процессов, явлений, свойств и их комбинаций и т. п.) и, в конечном счете, к классификации. При этом задачи классификации часто совпадают с задачами районирования, поскольку они предполагают учет пространственно-топологических свойств классифицируемых объектов. Процедуры классификации базируются на использовании меры сходства (близости) в каком-либо смысле и различаются лишь способами установления сходства и объединения объектов в совокупности. Когда для исследователя важны лишь количественные характеристики объектов

классификации, измерение сходства принципиальных трудностей не вызывает. Однако имеется множество ситуаций, когда существенные для классификации признаки не имеют количественного выражения. Примерами могут послужить признаки, выражающие условия территории, а именно: характер расселения, привлекательность природно-климатических условий для жизни населения, трудовые навыки и традиции населения, привлекательность центров обслуживания для населения, привлекательность различных видов хозяйственной деятельности для того или иного поселения и, наоборот, привлекательность той или иной местности для развития конкретных отраслей, наличие рекреационных ресурсов и многое другое. В такой ситуации элементы субъективизма при оценке степени сходства элементов неизбежны.

Даже при наличии количественного выражения для существенных признаков классификации очень часто приходится сталкиваться с отсутствием четких границ. Между совокупностями, так как каждый объект может обладать совокупностью свойств, характерных для нескольких совокупностей одновременно. Поэтому отнесение объекта к тому или иному классу в известной мере произвольно. Следовательно, процедура классификации практически всегда выполняется в условиях той или иной степени размытости, хотя источник размытости в разных случаях различен. Отсюда со всей неизбежностью следует, что результатом классификации служат размытые множества объектов с их расплывчатыми и взаимопроникающими границами. Подобные классификации на основе размытых измерений сходства всегда следует рассматривать с точки зрения их приемлемости или разумности. Поскольку такие классификации нечетко определены по своей природе, то говорить об однозначности их результатов не имеет смысла. Практический опыт размытых классификаций в географии пока еще очень невелик.

### **1.5. Проблема устойчивости в геоэкологических исследованиях.**

С начала XX-го столетия в биосфере произошли значительные изменения, основной причиной которых можно считать всевозрастающее вмешательство человека в природные процессы. Как известно, общая тенденция эволюции органического мира связана с повышением устойчивости, с усилением его гомеостатических свойств. Это предполагает постоянные изменения компонентов и связей между ними в составе биосферы в рамках существующего равновесия, обеспечивающего ее целостность и развитие.

Человек активно изменяет окружающую среду в соответствии со своими потребностями. Любой вид человеческой деятельности (техническая, научная, производственная и др.) сопровождается отрицательным воздействием на природную среду и нарушением сложившихся в биосфере связей. Такая деятельность, способствуя экономическому развитию общества, нарушает формировавшиеся в течение миллионов лет природные системы. В отдельных местах глубокие преобразования привели к серьёзным нарушениям экологического равновесия.

В настоящее время идет процесс интенсивной модификации жизненной среды человека, включая ее общественную и природную составляющие. Но системы, создаваемые человеком, не способны к самоуправлению с точки зрения экологии, а нуждаются в постоянном воздействии для поддержания своего функционирования (Трофимов, Котляков, Селиверстов, Пудовик, 1998).

Масштабы современной человеческой деятельности приводят к изменению исторически сложившихся экологических связей. В биосфере и ее компонентах происходят количественные и качественные изменения, порожденные деятельностью растущего населения Земли.

Результаты такого изменения приводят к ряду негативных последствий, включающих не только различные виды загрязнений природной среды, но и сравнительно малоизученные аспекты эволюции, адаптации человека. Высокие темпы модификации среды обитания, всевозрастающая мозаичная гетерогенность биотехнических и физико-химических свойств биосферы, особенно в связи с урбанизацией, усиление микроэволюционных изменений человеческого организма практически не позволяют установиться достаточно стабильным отношениям общества с внешней средой. Преобразование среды в результате человеческой деятельности приводит к изменению условий эволюционного процесса, как в организме человека, так и в природе.

Устойчивость существования самого человечества тесно связана с устойчивостью вмещающей его природной среды. Все изменения в этой среде не означают разрыва связей человечества и биосферы - системы природных условий, в которых зародилась и протекает жизнь людей. Новая среда оказывает новое по сравнению с естественной средой воздействие на человека. В городах это, в частности, выражается в столкновении с новыми формами быстро эволюционирующих микроорганизмов, увеличении смертности в возрасте 30-50 лет от эмоциональных стрессов, что также следует оценивать как реакцию человеческого сообщества на новые условия существования, а также в воздействии ионизирующих излучений, всевозможных токсических веществ, шумов, чрезмерных психических нагрузок, интенсификации труда и др. Все это свидетельствует о необходимости выяснения границ гомеостатического равновесия, изучения параметров устойчивости социальных, природных систем и всей биосферы и целом как одного из важнейших условий их существования и гармоничного развития.

Изучение состояния устойчивости сложных географических объектов начнем с рассмотрения устойчивости геосистем как формализованных моделей географических комплексов.

Устойчивое существование любой геосистемы прежде всего связано с наличием у неё некоторого неизменяющегося инвариантного аспекта, который может служить линией отсчёта её устойчивости. Согласно А.Д. Арманду (1989), устойчивой считается система, которая любым способом сохраняет инвариант в течение времени, превосходящее время смены инварианта. Основное понятие инвариантности сводится к утверждению о наличии постоянных устойчивых свойств, отношений, величин, объектов при определённых изменениях. Выбор инварианта может зависеть от особенностей геосистемы и целей исследования. В разных ситуациях инвариантом может быть состояние системы, способ функционирования или траектория саморазвития.

Рассматривая эту проблему, целесообразно определить структуру геосистемы как основного носителя инвариантных по времени свойств.

Устойчивость служит важнейшим признаком структуры, а структура в конечном итоге определяется совокупностью устойчивых связей объектов. При этом геосистема может быть устойчивой, хотя и состоит из неустойчивых элементов, которые, благодаря способу взаимодействия, образуют устойчивую структуру. Поэтому обладать структурной устойчивостью может и такая геосистема, элементы (или составляющие) которой претерпевают постоянные преобразования, переход из одного состояния в другое и т.д.

В качестве элементов геосистемы должны рассматриваться не только ее вещественные составляющие (подсистемы и т.п.), но и процессы, образующие, интегральную структуру целостного процесса, обладающего структурной устойчивостью в той мере, в какой составляющие его процессы

упорядочиваются во времени и пространстве, получая некоторую направленность. Таким образом, наряду с анализом состояний большое значение имеет выяснение устойчивости процессов.

Рассмотрение структуры как инвариантного по времени аспекта системы устанавливает взаимосвязь между ее структурой и процессами функционирования (Трофимов, Хузеев, 1985). Процесс функционирования геосистемы предполагает сохранение в целом имеющейся структуры, но допускает ее изменения в пределах одного качественного уровня. *Это позволяет определить устойчивость геосистемы как способность при внешнем воздействии пребывать в одном из своих состояний и возвращаться в него вследствие пластичности, не выходя при этом за рамки инварианта в течение заданного интервала времени.* При этом выделяются три формы устойчивости; 1) инертность (способность геосистемы при внешнем воздействии сохранять свое состояние неизменным в течение заданного интервала времени); 2) восстанавливаемость (способность возвращаться после возмущения в исходное состояние); 3) пластичность (наличие у геосистемы нескольких областей нормальных или допустимых состояний и ее способность в случае необходимости переходить из одного состояния в другое, сохраняя инвариантные черты структуры) (Гродзинский, 1989). Сходная точка зрения изложена в следующих работах (Рифлекс, 1979; Куприянова, 1983).

*Развитие же представляет смену состояний, в основе которой лежит невозможность сохранения существующих способов функционирования.* Происходит переход накапливающихся количественных изменений в новое качество, как бы перерыв постепенности, система переходит через порог устойчивости на новый уровень с изменившимся способом функционирования, структурой, т.е. обретает новое качество. Новая



система обладает и новой устойчивостью (Левиг, 1976), т.е. наблюдается цикличность жизнедеятельности геосистем. В своём развитии геосистема проходит стадии зарождения, расцвета, и по мере нарастания количественных изменений она либо переходит на новый уровень, возвращаясь к исходной точке в новом качестве, либо теряет устойчивость и перестает существовать. Поэтому понятие «устойчивая» геосистема не означает, что она пребывает в состоянии абсолютного покоя или равновесия. Устойчивость её не исключает изменчивости, тем более что изменчивость есть важнейшая предпосылка устойчивости. Даже наиболее устойчивые экосистемы эволюционируют в результате изменений природной среды.

Устойчивость и изменчивость - необходимые черты природного процесса. Каждое изменение сопровождается сохранением каких-то величин, свойств, качеств, так же как и всякая устойчивость проявляется лишь в условиях имеющегося процесса. Поэтому выделяют два основных типа устойчивости: статическая и динамическая. Статическая устойчивость отражает поддержание устойчивости либо исходного, либо конечного состояния (гомеостаз), а устойчивость динамическая характеризуется поддержанием устойчивости процесса в целом (гомеорез). Вместе с тем разграничение гомеостаза как двух основных типов устойчивости нельзя считать абсолютным. То, что на одном уровне геосистемы выступает как гомеорез, по отношению к другому играет роль гомеорефа. В реально существующих геосистемах устойчивость выступает одновременно и как состояние, и как процесс, и как результат, и как изменение.

Определение устойчивости геосистемы, вероятно, вообще не имеет смысла. В настоящее время не разработан единый всеобъемлющий показатель устойчивости геосистем, охватывающий все стороны ее жизнедеятельности и составные части, и, более того, ввиду большой сложности изучаемых

объектов это вряд ли возможно сделать. Поэтому необходимо производить оценку состояния устойчивости геосистем через другие показатели, совокупность которых позволила бы охарактеризовать это состояние. Одним из таких показателей служит категория меры, отражающая фактически уровень функционирования геосистемы. Любые изменения в рамках меры – это саморегулирование, механизмом которого может быть гомеостаз. Степень гомеостаза определяет способность системы противостоять изменениям и сохранять равновесие. Геосистема устойчива, пока её состояние находится в пределах гомеостаза (Водопьянов, 1980). В качестве меры гомеостаза может служить отношение структурных и функциональных показателей геосистемы. Гомеостаз – это механизм регуляции, упорядочивающий во времени изменение свойств системы в направлении устойчивости групп характеристик. Следовательно, мера геосистемы зависит от структуры и функциональных параметров компонентов, составляющих геоэкосистему. А сопоставление оценок структурных и функциональных показателей приводит к введению некоей меры, характеризующей внутреннее состояние системы и определяющей ее гомеостаз. Категория меры имеет большое значение для биосферы (как глобальной геосистемы) в целом и ее отдельных подсистем. Человеческое общество, поскольку оно структурно и функционально включено в биосферу, должно развиваться в соответствии со значениями меры, присущими биосфере и неотъемлемыми от ее бытия как системы (Гирусов, 1976). Всякое природное и социальное явление имеет предел своего развития в рамках качественно определенной меры.

К категории меры примыкает сходное с ней понятие "константность", впервые введенное В.И. Вернадским (1965). Константы Вернадского не исключают изменений массы живого вещества, но определяют их рамки меры, выход за пределы

которых «не может происходить без разрушения очень глубоких черт природы» (с. 140), т.е. система должна оставаться в своем прежнем качестве (самой собой) в течение всего индивидуального существования, сколь бы длительным оно ни было и какие бы внешние и внутренние возмущения в ней ни возникали (Реймерс, 1983).

Если говорить о глобальной геосистеме Земли, то для поддержания ее существующего качества необходимо сбалансировать наличие всех ее компонентов как природного, так и социального происхождения. Понятие константности конкретизирует и позволяет лучше понять значение категории меры при изучении состояния устойчивости геосистем и выяснить пути преодоления ее нарушения.

Определение устойчивости геосистем тесно связано с глубоким изучением связей и взаимодействий на всех уровнях геосистемы. *Компоненты, входящие в состав геоэкосистемы, связаны между собой разнообразными видами связей как природного, так и социального характера, и, благодаря этому разнообразию, ей присуща высокая степень стабильности, несмотря на значительные колебания внешних условий.* Вывод о том, что разнообразие представляет собой необходимое условие обеспечения стабильности, устойчивости системы, приобретает в современной науке доминирующее значение (например, Водопьянов, 1980). В соответствии с известным из кибернетики (Эшби, 1959; Шварц, 1980) законом необходимого разнообразия система должна иметь внутреннее разнообразие для того, чтобы блокировать разнообразие внешних и внутренних воздействий. Данный закон определяет минимально допустимое внутреннее разнообразие, необходимое для того, чтобы система находилась в стабильном состоянии. Если внутреннее разнообразие системы меньше допустимого, система находится в неустойчивом состоянии и даже может разрушиться.

В биологических системах действует закон Лешателье Брауна, согласно которому внешнее воздействие, выводящее систему из равновесия, стимулирует в ней процессы, стремящиеся ослабить результаты этого воздействия, т.е. любые возмущения гасятся биотой экосистемы, ее массой и биоразнообразием. Географические системы (в частности, социо-эколого-экономического характера) в окружающей среде более инертны и не обеспечивают адекватного эффекта противодействия различным возмущениям.

Отсюда вытекает связь устойчивости геосистемы с ее сложностью. Несмотря на то что, как известно, любое усложнение системы увеличивает вероятность повреждений и отказов, в живой природе это устраняется путем образования новых многочисленных связей и страхующих систем. В свою очередь эти системы, обеспечивающие надежность функционирования, также подвергаются действию повреждающих фактов, что ведет к дальнейшему усложнению системы. *Мерой сложности геосистемы (Водопьянов, 1980) служит разнообразие слагающих ее компонентов, и потому сама сложность достигается за счёт увеличения числа разных элементов и разнотипных связей между ними.*

Рассмотренные выше понятия, отражающие различные стороны состояния устойчивости геосистем, являются достаточно общими: дальнейшая конкретизация их, необходимая для реальной оценки, предполагает уточнение объекта исследования, т.е. рассмотрение конкретного класса геосистем. Одним из них служат геоэкосистемы - сложные географические объекты, включающие в себя как природную, так и социальную составляющие; к ним относятся, в частности, городские геоэкосистемы

Городская среда отличается тем, что ряд биосферных явлений и процессов проявляется здесь в крайней форме. В первую очередь это касается разнообразных загрязнений: аномальность доз,

выраженность и комбинаторика разных типов загрязнений (Ревич, Сает, 1988; Рациональное использование, 1989) - характерные черты современной экологической ситуации геоэкосистемы города. Постоянные флуктуации среды, характерные для городских геоэкосистем, способствуют поддержанию их в неустойчивом состоянии, что имеет неблагоприятные последствия для организма человека, формирует новую экологическую среду города с малоизученными свойствами и способствуют ускорению адаптационных и эволюционных процессов в городских геоэкосистемах. Поэтому изучение проблемы устойчивости, меры в экологии города, выяснение границ гомеостаза и сохраняемости процесса развития, поиск критических состояний, за пределами которых происходят необратимые изменения, имеет весьма важное и теоретическое, и практическое значение. Решить эти вопросы можно лишь при комплексном подходе, предлагающем рассмотрение города как геосистемы, включённой в биосферу. В широком смысле основными признаками нарушения устойчивости геосистем могут быть как внутренние причины, определяемые особенностями взаимодействия слагающих систему элементов, так и внешние, обусловленные особенностями воздействия факторов окружающей среды.

Поэтому познание меры природных и социальных явлений, их мерного соотношения весьма актуально в условиях современной экологической ситуации. Понятие меры может быть в свою очередь конкретизировано через понятия экологического и социо-экологического оптимумов (Водопьянов, 1980).

Понятие экологического оптимума предполагает, что у каждого живого организма в отношении различных экологических факторов существуют пределы выносливости, между которыми располагается его экологический оптимум

(Дажо,1976). Действие экологических факторов не имеет резко обозначенных границ.

*Социо-экологический оптимум - более широкое понятие, чем экологический, и представляет собой интегральную совокупность природных и социальных факторов, воздействующих на систему, включающую в себя как природные, так и социальные компоненты.* В этой связи следует глубоко изучить экологические, экономические, социальные связи и взаимодействия на всех уровнях геоэкосистемы, а следовательно, и связи устойчивости городской геоэкосистемы с ее сложностью. Городская экосистема характеризуется пониженной сложностью природной подсистемы (бедность видов флоры и фауны, несформированность или деградированность биогеоценозов территории и т.д.); социальная система, наоборот, весьма развита и усложнена.

Подобного рода дисбаланс делает ее принципиально неустойчивой и зависимой от деятельности отдельных людей и социума города, проводимой экологической политики. Развитость социальной и производственной инфраструктур, а следовательно, большое число искусственных, как бы внеприродных объектов образуют своеобразную искусственную составляющую системы, которая занимает большую часть объема территории городской экосистемы и служит одним из важнейших факторов, влияющих на её устойчивость. Мерой сложности геоэкосистемы может быть разнообразие слагающих её компонентов, и поэтому сама сложность достигается за счёт увеличения числа различных элементов и разнотипных связей между ними. Снижение разнообразия городских экологических систем под влиянием человеческой деятельности ведёт к уменьшению их стабильности.

Примером может служить процесс обеднения биотических компонентов городских экосистем, вызывающий интенсивное биотическое "давление", так как «вакантные» экологические ниши не могут пустовать (Плотников, 1986). Примеры успешной

экспансии и «акклиматизации» в городе синантропных животных (Казначеев, 1980), принимающих зачастую неожиданные и небезопасные для человека формы, а также микроформы (Гигиена окружающей среды, 1985), вызывающие рост неизвестных ранее заболеваний, уже весьма многочисленны. Поэтому более полное включение инфраструктуры объектов городской экосистемы в уже существующие функциональные связи способствует повышению устойчивости городской экосистемы в целом и служит залогом ее дальнейшего прогрессивного и стабильного развития.

Социум геосистемы города - это активная и вместе с тем наименее стабильная подсистема. Она отличается наименьшей способностью переходить в иное состояние под воздействием неблагоприятных факторов. Природная подсистема отличается относительно пассивным характером. Она имеет более сильные системообразующие связи в пределах данной территории. Поэтому ее устойчивость в целом выше. Инфраструктура в целом нейтральна и обладает уровнем стабильности, сравнимым с устойчивостью социальной подсистемы.

Совокупное взаимовлияние этих подсистем воздействует на геоэкосистему города и приводит к изменениям в функционировании как геосистемы в целом, так и составляющих ее подсистем. Такое значение величины этой силы, при котором система переходит в неустойчивое, критическое состояние, может быть названо порогом устойчивости. Понятие "порог", так же как и "устойчивость", не может носить общий характер. При определении порога устойчивости в каждом конкретном случае должен приниматься во внимание целый ряд факторов, учитывающих локальные и региональные особенности геоэкосистемы, силу и характер антропогенного воздействия на окружающую среду и др.

Порог устойчивости геоэкосистемы тесно связан с понятием емкости геоэкосистемы. К настоящему

времени еще не разработано достаточно конструктивного и целостного определения емкости. Н.Ф. Реймерс (1983) предлагал определить емкость как количественно выраженную способность ландшафта удовлетворять какие-либо нужды человека. Количественные критерии емкости геоэкосистемы с позиции приведенного выше определения связаны с выяснением предельной величины антропогенной нагрузки, определяемой устойчивостью системы. Таким образом, в каждом конкретном случае (в зависимости от устойчивости геоэкосистемы и характера воздействия на нее) необходимо установить предельно допустимые нормы использования или воздействия или критические антропогенные нагрузки (Исаченко А., Исаченко Г., 1995), фактически определить порог устойчивости.

При исследовании различных аспектов устойчивости городской геоэкосистемы понятия порога и ёмкости особенно актуальны, поскольку воздействие человеческой деятельности на ее состояние весьма интенсивно. В частности, некоторые авторы (Казначеев, 1980; Рациональное использование..., 1989) отмечают необходимость пересмотра и переосмысления методов установления ПДК отдельных веществ и их совокупностей. Действительно, существующие величины ПДК устанавливались только с позиций поддержания жизнеспособности и здоровья человека, тогда как сохранение устойчивого состояния и развития природной составляющей геоэкосистемы не принималось во внимание. По всей видимости, для правильного установления ПДК нужно предварительно изучить такие параметры геоэкосистемы, как емкость и пороговые значения. С учетом таких ограничений, а также региональных особенностей можно определить справедливые ПДК, отражающие специфику изучаемой геоэкосистемы.

Понятие устойчивости геоэкосистемы и ее характеристики, такие как мера, сложность,



разнообразие, экологическая емкость, пороговые значения геоэкосистемы, находят применение при решении широкого спектра задач экологической направленности, в частности при оценке экологического состояния города или геоэкосистемы и выделении зон экологического риска.

### **1.6. Сбалансированное развитие - устойчивое состояние геоэкосистем.**

Устойчивость геоэкосистем: общая постановка вопроса.

Ещё раз вернёмся к понятию устойчивости. Проблема устойчивости является одной из фундаментальных проблем естествознания. Устойчивость — это универсальный атрибут вещей, свойств, отношений, что позволяет считать понятие «устойчивость» общенаучной и философской категорией (Куликов, 1976). Общефилософское понятие устойчивости как диалектического единства изменчивости и неизменчивости обычно интерпретируется как постоянство качественных характеристик системы при изменении в определенных пределах количественных переменных или же как способность системы сохранять свою структуру (т. е. качественное разнообразие) в условиях внутренних или внешних воздействий (или возмущений) определенной интенсивности (Липец, 1983).

Проблема устойчивости территориальных систем является одним из новых (Селиверстов, 1995), находящихся в стадии разработки и совершенствования научных направлений. Ее возникновение было вызвано необходимостью производства оценок природного, социального, экономического и экологического состояния территориальных систем (интегральная оценка потенциала территории как внутреннего аспекта устойчивости) для осуществления максимально возможного их использования, их количественных характеристик и предельной ограничительной

нагрузки на территорию. С другой стороны, понимание все возрастающих антропогенных нагрузок на территориальную систему, их систематизация, определение критериев, количественных показателей, механизма влияния на структуру и функционирование системы привело к определению социо-экономического ландшафта как внешней составляющей устойчивости.

В то же время, как справедливо отмечает И. И. Мамай (1993), ни одному понятию не уделялось столько внимания, сколько «устойчивости геосистем». Первоначально для территориальных систем пытались использовать представления об устойчивости, разработанные в физике, математике, биологии (Светлосанов, 1974; Арманд, 1983; Медоуз, Медоуз, Раймерс, 1994). Но этот подход, связанный с формальным переносом основных положений, методов и моделей из одних наук в другие, в частности в географические исследования, представляется не всегда оправданным (Трофимов, Рубцов, 1992). В настоящее время существуют десятки определений устойчивости. Каждое из них лишь в определенном специфическом аспекте отражает состояние устойчивости. При этом предложено много синонимов термина устойчивость (надёжность, стабильность, пластичность, упругость, живучесть, инвариантность, инертность, долговечность, гомеостазис, восстанавливаемость, ёмкость и т.д.) (Батоян, Зайцев, 1989; Мамай, 1993; Руденко, 1996). Их критический анализ свидетельствует о том, что авторы вкладывают в данное понятие разный смысл, однако, в них прослеживается очевидное единство, особенно в подходах, которые, как правило, не взаимоисключают друг друга, а, наоборот, дополняют, поскольку раскрывают различные проявления устойчивости сложных территориальных систем.

Говоря о категории «устойчивость», можно выделить, по крайней мере, четыре типа

устойчивости: общественно-природный, демо-хозяйственно-природный, биологический и территориальный. Последний (от макрорегионального до локального уровней) как комплексное, интегральное выражение первых трех, на наш взгляд, представляется наиболее существенным и важным. При этом речь может идти о динамической устойчивости (поддержание устойчивости процесса в целом — гомеорез), статической (структурной) — отражающей изменения исходного или конечного состояния (гомеостаз). Но следует иметь в виду, что такое деление чисто условное. То, что на одном уровне развития территориальной системы выступает как гомеостаз, по отношению к другому состоянию играет роль гомеостаза. В реальных территориальных системах устойчивость выступает одновременно и как состояние, и как процесс, и как результат, и как изменение. Кроме того, иногда выделяют в качестве самостоятельного вида устойчивости пространственную устойчивость. Но, тем не менее, считается, что система устойчива пока ее состояние находится в пределах гомеостаза (Водопьянов, 1974) и зависит от структуры и функциональных параметров элементов, составляющих систему.

Кроме того, следует обратить внимание еще и на такую особенность: большинству работ по устойчивости присуща сложность и, как следствие, большие трудности в практической реализации. Главная причина этого заключается, на наш взгляд, в отсутствии непосредственной связи между понятием устойчивости, критерием устойчивости и параметрами территориальной системы, которые могут быть измерены и использованы. Вместе с тем практическое определение устойчивости реальных территориальных систем к конкретному виду воздействий (внешних или внутренних) чаще всего предполагает решение задачи о том, выйдет ли данная территориальная система из диапазона естественного состояния при имеющейся

интенсивности воздействия и, если выйдет, то хорошо это или плохо. Важно определиться: устойчивость от чего, против чего, или для чего, для какого периода времени должны наблюдаться устойчивость, предел устойчивости и емкость территориальных систем (Трофимов, Котляков, Селиверстов, Панасюк, Рубцов, Пудовик, 1999).

Развитие и формирование территориальных систем любого типа, уровня, ранга - сложные и длительные процессы. Каждая развивающаяся система время от времени достигает некоторых критических состояний, в которых происходит ее качественная и количественная перестройка. В результате во внутреннем состоянии системы усиливается контрастность, которая придает ей некоторую жесткость. Возникает вопрос о допустимых пределах контрастности, при которой территориальная система эффективно функционирует. В связи с этим важно уметь количественно определять потенциальные возможности систем, их резервы, запас устойчивости. Следует учитывать и то обстоятельство, что развитие территориальных систем не всегда сопровождается автоматическим переходом из одного состояния гармонии к другому (например, модели равномерного размещения производительных сил, полицентрической умеренной концентрации и т. д.). Чаще всего это сопровождается появлением конфликтных ситуаций, что вполне объективно и обусловлено, с одной стороны, ограниченной емкостью территориальной системы как таковой (или системы со специфическими свойствами), постоянными усложнениями, насыщениями новыми элементами территориальных структур — с другой.

В настоящее время, как справедливо отмечают некоторые исследователи, методика получения данных о критических нагрузках разработана сравнительно слабо. Нет определенности в том, что принять за критерий, инвариант, характеризующий

хотя бы в первом приближении степень устойчивости, как и каким образом, данная критическая точка может быть определена и измерена.

Вполне возможно, что в качестве такого индикатора при определении степени устойчивости можно использовать состояние триады природа—население—хозяйство. При этом желательно провести систематизацию антропогенных нагрузок не по формальным признакам (т.е. по источникам или факторам воздействия), а прежде всего по механизму их влияния на структуру и функции территориальных систем.

В зависимости от характера внешнего воздействия и полученной информации об отклике системы на него целесообразно выделить несколько видов устойчивости:

- мгновенная дифференциальная устойчивость, характеризующая отклик системы на малое и кратковременное внешнее воздействие;
- кратковременная интегральная устойчивость отражает отклик системы на кратковременное интенсивное внешнее воздействие;
- долговременная консумптивная (потребительская) устойчивость характеризует отклик системы на малое воздействие в течение длительного времени;
- стационарная интегральная устойчивость — минимальная интенсивность воздействия данного типа, которое при постоянном действии уничтожает систему, т.е. выводит ее за пределы определенного эффективного функционирования.

Практическая реализация концепции в большей мере связана с разработкой имитационных математических моделей геосистем. В случае создания такой комплексной модели исследователь получает мощное средство для изучения пространственно-временных изменений природных комплексов оценки их устойчивости, прогнозирования их будущего состояния территориальных систем. На входе модели задаются

воздействия возможных изменений природных условий, экономического развития территории, на выходе получаем прогноз состояния территории.

Варьирование величин естественных и антропогенных воздействий на входах модели позволяет получить количественную информацию о пространственно-временной динамике геосистем, определить время релаксации ее составляющих, выявить удельный вес воздействующих факторов, подобрать комбинации воздействий, при которых происходит гашение негативных последствий.

Результаты моделирования можно рассматривать как основу для оценки устойчивости территориальных систем, «приспособления» их к изменяющимся естественным и антропогенным условиям, проведения геоэкологических экспертиз и возможности составления прогнозных карт.

#### Сущность процесса развития.

Процесс развития, вернее идея этого процесса, в 40-50-е годы XIX века уже «стучалась в двери науки» (Абичев, 1998). Но все равно она оставалась механистической. Лишь с возникновением эволюционного учения на базе термодинамической картины мира, глубоко изучаемой в синергетике – науке о сложных системах, идея процесса развития приобрела черты однозначности. Развитие осуществляется через случайный выбор одной из нескольких разрешенных возможностей дальнейшей эволюции в процессе бифуркации. Следовательно, случайность – не досадное недоразумение; она встроена в механизм эволюции (Концепции..., 1997). Геоситуационная концепция базируется на процессе развития, включая такие составляющие, как случайность, неопределенность, хаотичность и т.п., и особые критические геоситуации» - различные критические явления в природе и обществе, риски и т.п. В целом, как сказано в «Манифесте ситуационного движения» (Солодухо, 2005): «Если XX век был веком систем и требовал системного мышления, то XXI век проявил себя как век

ситуаций и требует ситуационного и ситуативного мышления (с. 175).

В природных системах этот процесс наиболее четко проявляется в природных катастрофах, значимость которых для жизни общества чрезвычайна (Осипов, 2002).

Обзорную сводку по процессу развития можно найти в работе М.А.Мунтена и А.Д.Урсула (2003).

Теоретически развитие – высший тип движения и изменения в природе и обществе, связанное с переходом от одного качественного состояния к другому, от старого к новому. В то же время, развитие – это необратимое поступательное изменение предметов духовного и материального мира во времени, понимаемое как линейное и однонаправленное. На предельно высоком уровне различают две формы – эволюцию и революцию. В последнее время к ним добавляют третью форму, фиксирующую не только и не просто структуры объекта, но и самой его глубинной природы, его сути. В жизни общества это относится к смене исторических цивилизаций, длительным процессам изменений, включающих в себя как эволюционные и революционные формы, и потому не могут быть приравнены или включены ни в те, ни в другие (Гущин, 2001; с. 397-398). В последние десятилетия XX века акцент и изучение развития переносится на его основания, первоначала, в связи с чем эволюция начинает рассматриваться сквозь призму приготовлений ею революции, а пересмотр обеих этих понятий связывается с трансформациями в понимании времени, с концентрацией внимания на «настоящем», включающем в себя прошлое и будущее. Современные научные теории развития самым непосредственным образом связаны с синергетикой, в которой то или иное толкование начала порождает и соответствующее понимание развития (Маркова, 2001; с. 399-400).

Н.А.Косолапов считает, что к середине 60-х годов прошлого века в науке существенно

изменилось представление о развитии как явлении. Происшедшие изменения он суммировал следующим образом:

а) произошел отказ от взгляда на развитие как на исключительно линейный процесс, он стал рассматриваться как один из возможных и самых простых вариантов развития. Наиболее сложными его видами стали считаться системы с их растянутыми во времени спиралями – модулями развития;

б) постепенно утвердилось признание сложной цикличной природы любого развития, этапы которого стали различаться по своей причинности, продолжительности, многообразию амплитуд колебаний и т.д.);

в) развитие стало рассматриваться как соотношения между амплитудами колебаний, масштабами «отливов» и «приливов» любых процессов развития, вне зависимости от восходящего, прогрессивного или же нисходящего, регрессивного их характера;

г) правилом стало считать, что у каждого позитивного развития (от простого к сложному, от низшего к высшему) – есть и антипод – деградация, вырождение (от сложного к простому, от высшего к низшему);

д) было установлено, что восходящие долговременное развитие может сочетаться с этапами деградации, этапы деградации - со вспышками позитивного развития;

е) процесс развития перестал рассматриваться как универсальный, неизбежный, он начал трактоваться скорее как потенциал, возможность, реализация которых зависит от достаточно сложного комплекса условий;

ж) реализация потенциальных возможностей восходящего развития требует не только определенной избыточной энергии, ресурсов, но и усилий по использованию такой избыточности в целях и на нужды развития. В отсутствии таких усилий сама избыточность энергии стимулирует



лишь процесс энтропии (разложение, деградацию, вырождение, самораспад);

з) на первый план выходят внутренние механизмы развития. Современное представление о развитии не может не учитывать усложнение взглядов науки на явление детерминации, его природные механизмы.

Развитие по природе и способу самореализации представляет собой процесс, отражающий совокупность, сумму перемен в пространстве и времени. Идея развития сконцентрирована на качественных аспектах непрерывных перемен, из которых складывается сама жизнь. Формула развития в данном случае может быть представлена как цепочка: переменны → изменения → трансформация → эволюция → развитие, в которой каждое понятие предстает следующими своими сущностными чертами:

а) главный отличительный признак перемен – их обратимость;

б) изменения более долговременны, отражают в себе нечто закономерное, они устойчивы по отношению к обратимости;

в) трансформация в качественном измерении равнозначна изменению, но, в отличие от него, отражает количественную сторону, появление нового качества,

баланс и преемственность перемен;

г) эволюция представляет собой множественную последовательность трансформаций, приводящих к обретению объектами эволюции необратимых, новых для него качественных черт, когда объекты меняют существенно свою природу;

д) развитие – это долговременное по становлению, закономерное по причинам, движущим силам, природе и характеру, путям и способам самореализации, четко направленное во временном пространстве, необратимые изменения материальных и идеальных объектов.

Развитие по природе своей и по сути реализации – всегда процесс, который предстает в виде определенной суммы, совокупности перемен в пространстве и времени. На самом поверхностном уровне представляются процессы четырех видов:

- линейные, равномерно-поступательные, когда в течение множества лет процессы ведут в сторону повышения сложности его субъектов;
- процессы волнового или циклического характера, передающиеся обществу окружающей средой, природой;
- процессы, представляющие собой определенные стадии развития сложных систем;
- процессы, на несколько порядков убыстряющие и заменяющие эволюционное развитие и экзаменуемые на жизнестойкость развивающиеся системы.

Сложность выделения и изучения каждого из этих типов процессов заключается в том, что каждый из них в действительности никогда не проявляется в чистом виде, обычно они переплетаются, обуславливают, детерминируют или наследуют друг друга, в какие-то моменты совпадают по содержанию, выступают как части или элементы и т.д. В своей совокупности они все выступают на современном этапе как процесс становления нового социально-исторического качества – социума, территориальной основой которого является весь земной шар; социума, складывающегося из иерархии территориально-общественных образований, в которых государство является не более чем одним из уровней целостной в перспективе системы, лишь одним из многих сложных социальных субъектов.

По своей сути развитие означает переход системы с одного уровня на другой: более высокий (в процессах прогрессивного развития) либо более низкий (в процессах регрессивного развития) В первом случае, система должна обладать определенным уровнем внутреннего потенциала.

Сбалансированное равномерное (имеющее линейный ход во времени) развитие имеет место только в рамках одного уровня. Поэтому говорят об устойчивом функционировании. Отметим, что этот процесс укладывается в логику функционирования заданного уровня. Функционирование — это сохранение существующей структуры системы в пределах заданного качественного состояния. Развитие — совершенно иной процесс: процесс перехода в иное качественное состояние, на иной уровень развития, при котором происходит перестройка структуры. Под воздействием медленно возрастающей внешней нагрузки и других причин, при переходе через ее предельную величину линейный ход развития системы нарушается, и она переходит в качественно иное состояние. Существует логика глобального развития, где «обычная» воспринимается как логика заданного уровня, а «глобальная» — как логика межуровневого развития — логика эволюции человеческого общества.

Логика глобального развития допускает скачки и «сбои», катастрофы и нелинейные процессы в диссипативных структурах. Они могут вызываться, например, политическими, революционными изменениями, социальными, финансовыми катастрофами, искажениями в национальной психологии, менталитете и т. п., катаклизмами планет и т. д. Каждый такой скачок или сбой в развитии — это изменение числа уровней в иерархии общественного устройства. Однако даже если рассматривать процесс только прогрессивного развития, то можно отметить, что система не может бесконечно увеличивать число уровней. Рост их ведет к потере системной устойчивости и нецелостности. Невозможность перехода на качественно более высокий уровень система компенсирует развитием однородных, себе подобных и неустойчивых образований заданного уровня (так называемая «тупиковая ситуация» в развитии). Правда, часть системы все же переходит на более высокий уровень

и там сливается с частью системы этого уровня, но это уже иная система. Причем чем выше организация системы, тем сложнее превзойти свой уровень развития и тем шире процесс создания однородных одноуровневых образований и большая возможность трансформации исходной системы (Трофимов, 1997).

Существует еще один важный момент, определяющий процесс развития. Согласно современным представлениям, развитие окружающего мира исходит из положения, что в «глубинах природы господствует хаос, имеющий поистине фундаментальный характер, в то время как порядок царит лишь поверх хаоса как его ограничение» (Сариев, 1986, с. 155). Философское отражение этой концепции можно найти даже в фантазийном жанре Р.Железны («Хроники Амбера»), где диалектическое противостояние Порядка и Хаоса порождает миллионы отражений (миров). Поэтому ориентация развития определяет ограничение, запрет.

Всеобщим явлением в пространстве - времени, подчеркивающим целостность геообразований, является наличие связей, взаимодействий. Именно через них проявляется принцип запретов. Дело в том, что взаимодействие есть ограничение на возможное разнообразие поведения геообъектов. Однако, запрещая одни типы поведения, взаимодействие может оставлять возможным целый спектр линий поведения. Этим объясняется многообразие форм реализации. Таким образом, в мире событий любые из них происходят потому, что они возможны, не запрещены.

Законы окружающего мира не предписывают, что именно должно произойти, они лишь запрещают то, что могло бы произойти в отсутствие данного запрета.

Окружающая среда — это пространство, в котором действует множество запретов, чтобы в нем произошло некоторое определенное событие, необходимо (и достаточно), чтобы оно не нарушило ни один из существующих запретов.

На формирование структуры окружающей среды и ее развитие необходимо смотреть как на процесс оптимизации роли саморазвития (и самоорганизации) и целевой (направленной, компромиссной) ориентации в этом процессе с учетом принципа запретов.

*Следовательно, процесс развития представляется как последовательность перестроек, конфликтов, катастрофических проявлений и т. п., но это и цепь компромиссов, согласований интересов, противоречий.*

В свою очередь ряд исследователей классифицируют процесс развития на категории, например, абсолютно устойчивое, прерывисто-устойчивое, циклически-неустойчивое (Мягков, 1995), либо пытаются обыгрывать термины (например, устойчивое ли это развитие, или сбалансированное, либо какое-то иное (Серебряный, Скопин, 1998), либо просто обосновать сам термин. Однако ни попытки классификации, в основе которых совершенно определенно не существует содержательных критериев, ни попытки проигрывания терминов, ни попытки, наконец, объяснения и обоснования процесса, механизм которого в принципе не может вести процесс к устойчивому состоянию, не привносят элементов содержательности и обоснованности. Любой вводимый термин должен иметь содержательное обоснование на основе тщательного изучения физики процесса.

Возможно, что устойчивое развитие может существовать в каких-то особых общественных ситуациях, либо на какие-то ограниченные отрезки времени, либо, наконец, при определенных пространственно-временных масштабах и т. д. Однако во всех случаях это временное, переходное состояние. Чтобы довести его до необходимых рамок, необходимы чрезвычайные возможности выхода в режим устойчивого развития (Косариков, 1997). Они сформулированы в работе группы Д. Х. Медоуз и др.

(1994). Но приемлемы ли они для общества? Они ведь затрагивают мощный спектр ресурсов человечества и среды.

Наиболее характерной особенностью глобальных, да и локальных процессов является их цикличность (Косариков, 1997). «Сбалансированность в природе проявляется не как последовательное приближение к некоторому равновесному статистическому пределу, а через множественность взаимодействующих пространственно-временных циклов» (там же, с. 34).

*Поэтому характер протекания процесса развития, особенно в социально-экономическом аспекте, следует рассматривать с позиции характеристики состояния гомеостаза, являющегося исходным для сбалансированного развития геосистем.*

Гомеостаз как исходная точка процесса развития.

*Под гомеостазом понимается функциональное состояние системы, при котором за счет действия специальных систем управления (гомеостатов) обеспечивается поддержание динамического постоянства жизненно важных функций и параметров системы при различных изменениях внутренней и внешней среды (Горский, Кулиш, 1990).*

Понятие гомеостаза сформировалось в результате изучения регуляции функционирования живых организмов. Сам термин предложен в 1929 г. американским физиологом У. Кэнноном (Харди, 1986). Им отмечена разница между устойчивым равновесием, которое является результатом постоянных условий, и гомеостазом, представляющим собой устойчивость при меняющихся условиях существования.

Связь теории гомеостаза с проблемами регулирования внутренней среды привела к развитию, использованию этого понятия в общей теории управления. Изучение гомеостатических

систем и структур управления различной природы и фундаментальных механизмов гомеостаза способствовало возникновению гомеостатики, которая изучает механизмы поддержания постоянства функций, параметров и ритмики различных систем (Гомеостатика..., 1987, 1990; Астафьев, 1990).

Гомеостатические системы характеризуются внутренним вещественным и термодинамическим неравновесием, гетерогенностью элементов. Гомеостатика ставит проблему противоположностей и противоречий в неразрывную связь с решением проблем организации и функционирования систем. Главными характерными чертами гомеостатических систем являются устойчивость, адаптивность, надежность, живучесть и пр. Все они обеспечиваются противоречиями, заложенными в их организации (Логинов, 1979; Шидловский, 1982; Бондарев, Мажолис, 1990).

Одной из главных проблем изучения гомеостаза является исследование внутрисистемных структур управления — гомеостатов. Они поддерживают состояние динамического постоянства жизненно важных функций и параметров системы и таким образом обеспечивают ее внутреннюю сбалансированность и устойчивое развитие. Гомеостат в общем случае имеет сложное строение, поддерживая прямые, обратные и перекрестные информационные связи (Горский, 1988). Он поддерживает баланс противоположных начал развития системы, каждое из которых является для неё естественным.

В сложных гомеостатических системах гомеостаты связываются между собой союзническими, партнерскими и конкурентными взаимосвязями, образуя гомеостатические сети. Иерархии гомеостатов и управляемых подсистем являются сопряженными и самобалансирующимися (Механизмы гомеостаза..., 1984).

Гомеостатическая основа является сущностной характеристикой всех основных разновидностей геосистем. Особое внимание ей необходимо уделять при исследовании геоэкосистем, эколого-экономических систем, городов, систем поселений, ТПК, экономических районов и регионов в целом.

Основная часть геосистем характеризуется внутренними противоречиями, наличием диалектически взаимосвязанных противоположных начал, сил, состояний, которые во многом обусловлены гетерогенностью их элементов и подсистем. Развитие геосистем основано на поддержании определенного баланса естественных для системы противоположных начал.

Для геосистем особое значение представляет сочетание и диалектическое единство начал развития, эволюции, с одной стороны, и разрушения, уничтожения — с другой. Было бы неправильным понимать только первое из них как формирующее устойчивость, стабильность структуры и функций геосистемы, а второе — разрушающее эту устойчивость. Оба они изначально определяют ее сущность и поэтому устойчивость геосистемы есть результат взаимодействия, баланса начал развития и разрушения.

По мнению авторов, проявление данных начал в гомеостатической основе геосистем и возможности их балансирования в большей степени зависят от особенностей их состава и географического положения.

При относительной устойчивости структуры и функций геосистемы отличаются неравновесностью с окружающей средой, неограниченным числом стационарных состояний различных параметров, переходом их из одного состояния в другое во времени при нелинейном характере изменения различных переменных величин.

Для геосистем гомеостаз представляет собой по сути дела единственный способ их устойчивого существования. Самоорганизация геосистем,



являющаяся проявлением преимущественно самоорганизации природных и социальных составляющих, это в первую очередь их способность обеспечивать гомеостатичность. Поэтому возможности управляющего механизма геосистемы обеспечивать гомеостатическое равновесие являются главным способом не только поддержания ее устойчивого функционирования, но и сохранения.

При всей сложности постановки проблемы существования целей функционирования геосистем можно высказать точку зрения, которая связывает подобные цели с поддержанием эволюционной системной устойчивости. В этом плане цели функционирования достигаются прежде всего развитием способностей геосистем к достижению внутрисистемного равновесия, сбалансированности функционирования основных подсистем.

Исходя из отмеченного выше, конструктивное изучение гомеостатики геосистем должно в первую очередь основываться на анализе характеристик состояния и функционирования их гомеостатов. Устойчивость геосистем обусловлена сложнейшим взаимодействием природных и социальных (в гомеостатике — поведенческих) гомеостатов. И первые, и вторые включают гомеостаты локального, регионального и глобального уровней вплоть до ноосферы. Комплексность геосистем, их новые качества, возникающие в результате постоянных интенсивных взаимосвязей природных и социальных элементов, тесное взаимодействие между существующими природными и поведенческими гомеостатами обуславливают возникновение особого типа гомеостатов — геосистемного.

Принципиально важным моментом является то, что проявление основных свойств, характер эволюции этого вида гомеостатов определяется их географическим положением, а возмущающие факторы формируются географической средой. В процессе своей эволюции он находится в различных стадиях, которые формируются как результат

самоорганизации природных и социальных подсистем, так и в результате управляющих воздействий со стороны органов управления предприятиями, администрации регионов, органов государственной власти и т. д.

Устойчивое состояние геосистем:  
социальный аспект.

Определение устойчивости геосистем социального характера имеет свои особенности. Обладая меньшим внутренним разнообразием и неравномерной развитостью своих подсистем (пониженной сложностью природной составляющей и чрезмерно усложненной социальной), чем биологические системы, они не обеспечивают адекватного эффекта противодействия различным возмущениям, что делает закон Ле-Шателье—Брауна, действующий в биологических системах, неприменимым для изучения и оценки устойчивости геосистем социального плана.

Определение устойчивости социальных процессов и структур предполагает в первую очередь изучение состояния и развития системы населения. Знание, оценка и прогноз направленности и характера развития этой подсистемы являются основой проведения экономической и социальной политики в регионе.

Оценка устойчивости подсистемы населения должна, по всей видимости, проводится по двум направлениям:

- 1) анализ устойчивости населения, его характеристик, демографических процессов.
- 2) анализ устойчивости системы расселения.

При определении устойчивости подсистемы населения необходимо определить ее инвариантную часть. Понятие инвариантности сводится к утверждению о наличии неизменяемых свойств, соотношений, величин, объектов системы при ее общих изменениях (Взаимосвязь устойчивости...,

1987). Выбор инварианта может зависеть как от особенностей территориальной системы, так и от целей исследования.

При оценке устойчивости подсистемы населения в качестве ее инвариантной основы целесообразно рассмотреть структурные особенности системы, являющиеся наиболее инертными. Устойчивость является важнейшим признаком структуры, а структура в конечном итоге определяется совокупностью устойчивых соотношений элементов территориальной системы, в том числе и подсистемы населения. Структура в определенных границах остается постоянной, сохраняя тем самым систему в целом (Мохоря, 1989). В населении выделяется множество структур (по полу, по возрасту и т. д.), каждая из которых обладает своей устойчивостью, которая может быть определена при помощи совокупности различных показателей как качественного, так и количественного характера. Такие показатели позволяют оценить соотношения между элементами подсистемы населения.

Структура систем населения характеризуется главными, ведущими, подчиненными и второстепенными признаками. Изменение структуры может сопровождаться флуктуациями качественного характера, когда ведущий элемент становится подчиненным, и наоборот (Гомеостатика живых..., 1987, 1990).

При анализе статической устойчивости подсистемы населения следует оценивать степень жесткости отдельных типов системообразующих связей, формирующих основу устойчивости отдельных частных структур населения. Связи сами по себе не статичны, они обусловлены движением и взаимодействием. Но именно благодаря им система не реагирует на возмущающее воздействие до тех пор, пока оно не превысит некий порог — «энергию» связи. Это значит, что на том структурном уровне, которому принадлежит территориальная система, до

некоторого предела не происходит качественных изменений в ее состоянии (Мещерякова, 1981). Анализ устойчивости требует, чтобы в качестве элементов территориальной системы рассматривались не только ее вещественные составляющие, но и процессы, формирующие ее интегральную структуру. Территориальная система и ее подсистемы обладают структурной устойчивостью в той мере, в какой формирующие ее процессы упорядочиваются в пространстве и во времени. Наряду с анализом устойчивости структуры и ее состояний большое значение имеет выяснение устойчивости структуроформирующих процессов.

На настоящий момент не разработан единый всеобъемлющий показатель устойчивости территориальных систем, охватывающий все стороны ее жизнедеятельности и составные части, более того, ввиду большой сложности изучаемых объектов это вряд ли возможно сделать. Поэтому необходимо производить оценку состояния устойчивости систем через другие показатели, совокупность которых позволила бы характеризовать это состояние. Необходима разработка обобщенных показателей, которые позволят оценить структуру населения в данном районе в целом. Устойчивость процессов в подсистеме населения может быть определена при помощи анализа временных изменений в структурах населения и выявления стойкой тенденции к поддержанию сложившегося положения. Оценка устойчивости процессов необходима при решении задач прогнозного характера, когда необходимо оценить временной аспект функционирования и развития структур населения в данном районе, выявить и оценить направленность процессов, происходящих в подсистеме населения. Возможно использование понятия меры (Водопьянов, 1974) при условии раскрытия его через другие показатели. Как известно, мера территориальной системы зависит от структуры и функциональных параметров ее компонентов, и сопоставление оценок структурных и

функциональных показателей приводит к введению некоей меры, характеризующей внутреннее состояние системы.

Под расселением понимаются как сложившееся на определенной территории распределение населения, так и процесс размещения населения. Поэтому изучение устойчивости расселения населения также необходимо. Оно содержит в себе рассмотрение устойчивости состояний и процессов. Анализ устойчивости состояний системы расселения предполагает изучение территориальной структуры расселения с учетом динамики охватывающей территориальной системы, изучение характера размещения населенных пунктов в данной местности (Ходжаев, 1983), морфологической и функциональной структур системы поселений территории и причин, влияющих на сложившуюся обстановку. Необходим также анализ всего множества связей, объединяющих населенные пункты в систему, и их интенсивности. В результате будет возможно подойти к разработке интегрального показателя, характеризующего устойчивость состояния системы расселения.

Оценка характера и направленности изменений структуры систем расселения является весьма важной прикладной задачей, так как позволит прогнозировать будущие состояния различных иерархических уровней системы расселения в конкретном регионе (Методология демографического..., 1988). Оценка устойчивости процессов в данном случае должна включать методику оценки персистентности или антиперсистентности процессов, протекающих в структуре систем расселения.

## **1.7. Геоэкологические прогнозы на основе понятий интересов и компромиссных решений.**

Прогноз в геоэкологических исследованиях: подход на основе понятия интересов.

Одним из важных этапов процесса управления является прогнозирование. Его цель состоит в том, чтобы очертить области и возможности, в рамках которых могут быть поставлены и решены реальные задачи, составляющие основу направленности развития — другого важного этапа процесса управления. Как известно, различают два вида прогноза — поисковый (генетический) и нормативный (целевой). Первый основан на учете имеющихся в прогнозируемом процессе устойчивых тенденций при условном допущении, что позднее, они не будут изменены посредством управления. Цель поискового прогноза — выявление перспективных проблем, решение которых потребуется в будущем. Нормативный прогноз сводится к определению возможных путей решения проблем с целью достижения желаемого состояния объекта прогнозирования на основе заранее заданных целей и критериев. Поисковый и нормативный прогнозы взаимно дополняют друг друга, сопоставление их результатов, как правило, способствует повышению качества управления.

Структура геоэкосистемы, как нам представляется, является тем базовым оперативным понятием, которое может быть положено в основу прогнозирования в силу того, что она, будучи тесно связанной с определенным характером функционирования, представляет собой инвариант системы по времени. Поисковый подход к прогнозированию базируется в значительной степени на исследовании способов функционирования (хотя, конечно, отнюдь не сводится только к этому), нормативный же прогноз предполагает выявление возможностей того, насколько субъект управления

способен воздействовать на структуру и способ функционирования, с тем, чтобы постоянно корректировать их изменения в требуемом направлении.

Вырисовывается следующий подход к разработке прогноза, ядром которого является понятие структуры геоэкосистемы, рассматриваемой, с одной стороны, как достаточно устойчивый способ сосуществования интересов в процессе функционирования, и как инвариант системы по времени — с другой. Идея подхода состоит в том, чтобы, используя возможности воздействия на структуру системы и ее функционирование, построить такую упорядоченную последовательность структур, смена которых определяла бы динамику системы в требуемом направлении. Составленный таким образом прогноз можно назвать функциональным, поскольку в его основе лежит сознательное целенаправленное перераспределение функций в системе и, как следствие этого, изменение ее структуры и функционирования.

Свойство географичности геоэкосистем проявляется в том, что характеристики пространственного размещения элементов существенны для системы, так как во многом определяют имманентные (или присущие) свойства, интересы и способы функционирования отдельных элементов, а благодаря интегральным связям — и системы в целом. В то же время пространственное распределение элементов геоэкосистемы определяет также важнейшее проявление ее структуры — то, что в географической литературе принято называть территориальной структурой. В силу этого геоэкосистемам присуща та особенность, что одним из средств воздействия на их структуру и процесс функционирования является изменение пространственного рисунка системы, влекущее за собой перераспределение функций в системе, пересмотр содержания интересов, формирование

новой совокупности отношений в системе и в целом изменение ее функционирования.

Прогнозирование сложных явлений основано, как правило, на разработке частных (отраслевых) прогнозов и последующей их взаимоувязке. Такой подход представляется практически неизбежным, так как непосредственное составление всеобъемлющего прогноза часто является задачей невыполнимой именно из-за сложности объекта прогнозирования. Частные прогнозы разрабатываются с учетом специфики объекта прогнозирования и его взаимодействия с внешней средой. Однако, поскольку возможности учета влияния внешних причин достаточно ограничены, частные прогнозы всегда в той или иной степени противоречивы. Это особенно характерно для небольших территорий, где локальные условия более жестко ограничивают допустимые значения параметров частных прогнозов. Противоречивость частных прогнозов практически означает, что при совместном рассмотрении оценка их достоверности снижается, и это вынуждает прибегать к корректировке частных прогнозов. Задача взаимного согласования частных прогнозов очень, сложна, так как, строго говоря, в настоящее время нет удовлетворительных критериев, принципов и методов такого согласования. С этих позиций задача согласования частных прогнозов в пределах некоторой территории представляется в известном смысле даже более сложной, чем составление частных прогнозов.

Важнейшим моментом и отправной точкой согласования частных прогнозов служит содержательное описание прогнозной ситуации на рассматриваемой территории. Эта ситуация понимается как система отношений (в первую очередь отношений взаимодействия) объектов частного прогнозирования. Это своего рода концептуальная модель, множество знаний и представлений, объединенных целью исследования и представленных как в словесном, так и в



формализованном виде. Прогнозная ситуация может быть расценена субъектом прогнозирования как реальная и нереальная, желательная (приемлемая) или нежелательная (неприемлемая) и т. д. Это дает основание полагать, что на множестве реальных ситуаций можно задать отношения предположения, отражающие наиболее важные цели объекта прогнозирования. Если обратиться к представлениям о мотивах поведения объектов частного прогнозирования, то каждая ситуация может рассматриваться как столкновение интересов, а согласование частных прогнозов — как отыскание приемлемого компромисса между носителями этих интересов (Трофимов, Хузеев, 1985).

*Таким образом, искомое прогнозное состояние объекта (геоэкосистемы) понимается нами как ситуация, которая должна сформироваться в результате того, что различные стороны (носители природных, социальных и производственных интересов), действуя в соответствии со своими интересами, решают конфликтные ситуации путем разумного компромисса.*

Поскольку предполагается, что решение во всех спорных случаях будет разумным (в соответствии, естественно, с принятым критерием «разумности»), то и результат должен быть в определенном смысле наилучшим из всех возможных. Отсюда вытекает важное свойство полученного таким путем прогноза: в случае необходимости он может рассматриваться как совокупность рекомендаций по наилучшему будущему устройству объекта прогнозирования.

Решение задачи составления прогноза состоит из ряда этапов: 1) анализ «предпрогнозного» развития объекта и ситуации, сложившейся к началу прогнозного периода; 2) формирование исходной информации и ее анализ; 3) отыскание компромиссного решения, которое должно быть положено в основу прогноза; 4) оценка качества компромисса; 5) предметный анализ найденного компромисса, т. е. изложение конкретного

содержания прогноза, включая, в частности, исследование динамики напряженности структуры объекта прогнозирования (Трофимов, Котляков, Селиверстов, Хузеев, 1994).

### Общие подходы к поиску компромиссов в геоэкологических системах.

Обратимся вновь к теории согласования интересов (или принятия компромиссных решений). Поскольку полное совпадение интересов в геоэкосистемах недостижимо, то проблема согласования интересов в той или иной степени актуальна для любой геоэкосистемы. В связи с этим возникают три задачи: 1) выявление содержания интересов и их описание; 2) формулировка критерия качества согласования (качества компромисса); 3) разработка способов достижения компромисса в соответствии с принятым критерием. Эти задачи, безусловно, сложны. Первые две сложны преимущественно своей содержательной, смысловой стороной, третья — технической.

В настоящее время методы, особенно формализованные, описания интересов производственного и социального содержания разработаны недостаточно. Что касается способов описания природных интересов, то здесь проблем и трудностей еще больше, прежде всего в силу недостаточной изученности механизмов самовосстановления и саморегулирования природной среды. В некоторых случаях интересы производственного характера приближенно описываются в виде критериев оптимальности (не путать с критерием качества компромисса). Другим относительно надежным способом описания интересов признается рассмотрение всего множества (или репрезентативного подмножества) носителей интересов в качестве статистической совокупности, для анализа которой применимы методы статистики. Такой подход часто заставляет выявить направления

массовых предпочтений. Но в любом случае не исключено, что некоторые, возможно, существенные проявления интересов не имеют количественного выражения и поэтому не найдут отражения ни в критериях оптимальности, ни в анализируемой статистической совокупности.

Представляется, что общих рецептов формирования критериев качества компромисса не существует. Нет также никаких оснований предполагать, что этот критерий всегда можно представить в наиболее удобной форме — в виде некоторого показателя — значения целевой функции. Более того, особенности задач отыскания компромиссных решений в геоэкосистемах, о чём речь пойдет ниже, скорее всего, даже исключают такую форму выражения критерия, как целевая функция.

Представляется целесообразным связать понятие качества компромисса с понятием некоторого обобщенного «выигрыша», который достигается при том или ином исходе согласования интересов. Действительно, если признать, что понятие качества согласования имеет смысл, т.е. если признать, что для любой пары исходов согласования интересов можно в принципе указать лучший, то это будет одновременно означать признание существования некоторого «выигрыша», выражением которого служит критерий качества компромисса. Разумеется, конкретное содержание такого «выигрыша» зависит, прежде всего, от содержания конфликта. Очевидно также, что далеко не всегда его величина может быть выражена количественно. Можно далее представить себе такое положение, когда понятие «выигрыша» многозначно и представляет собой подобие вектора с количественными и качественными компонентами, так что суммарная величина этого «выигрыша» должна пониматься не как алгебраическая сумма, а в смысле, близком к понятию теоретико-множественных произведения и суммы, выражаемых

логическими союзами «и» и «или». Несмотря на расплывчатое в общем случае содержание понятия «выигрыш», оно неизбежным и закономерным образом присутствует при разрешении любого конфликта; более того, содержание, вкладываемое в это понятие, определяет, в сущности, критерий качества компромисса, а, следовательно, и принципы согласования интересов.

Как известно, наиболее разработано понятие экономических (производственных) интересов, которое используется для объяснения и моделирования многих экономических процессов и явлений. Это во многом обусловлено тем, что содержание понятия интересов в производственной сфере довольно четко и твердо осознается их носителями; эти интересы поддаются более или менее строгому описанию, что является предпосылкой для формулировки критерия качества компромисса и разработки логико-математического аппарата согласований, который, как известно, развивается в рамках теории игр.

Анализ состояния дел с выяснением интересов в геоэкосистемах приводит к выводу, что для их выявления, описания и согласования рамки теории игр очень тесны. Во-первых, потому, что проявления интересов в геоэкосистемах значительно более многообразны, чем в «чистой» экономике. Во-вторых, потому, что эти интересы значительно труднее поддаются формальному описанию, менее конкретны, не так хорошо осознаны (или даже никак не осознаны), менее прочувствованы их носителями, чем в производственной сфере.

Недостаточно строгий характер многих интересов в геоэкосистеме и многообразие их проявлений приводят к тому, что значительные трудности представляет даже достаточно корректная словесная формулировка критерия качеств компромисса. Из этого следует, что при согласовании интересов в геоэкосистемах значения и возможности строгих методов сравнительно

ограничены, и на первый план выходят методы неформальные и полужформальные. Такой подход к согласованию интересов в геоэкосистемах продиктован не только, и даже не столько недостаточной разработанностью строгого математического аппарата, сколько более глубокими причинами, связанными с понятием геоэкосистемы. По всем критериям геоэкосистемы, как было уже отмечено, являются очень сложными, а главное — некорректно определенными, прежде всего потому, что их поведение во многом определяется суждениями, знаниями, точкой зрения и даже эмоциями людей, которые, как известно, не всегда руководствуются соображениями целесообразности, а точнее, — по-разному эту целесообразность понимают. Речь идет о так называемой ограниченной рациональности: решения принимаются на рациональной основе, но с учетом особенностей окружающей среды и в понимании лиц, принимающих решения. По-видимому, нельзя не согласиться с приведенными выше так называемым принципом несовместимости, сформулированным американским математиком Л. Заде (1986), согласно которому высокая точность исследования несовместима с большой сложностью объекта исследования.

Необходимо остановиться еще на одном из аспектов проблемы согласования противоречивых интересов, который представляется принципиально важным для понимания целей, задач, процедуры согласования и осмысления ее результатов.

Выработка компромиссного решения в геоэкосистеме всегда происходит в условиях неопределенности. Весьма нечетко может быть определена сама цель поиска компромисса, а этих целей может быть несколько, что наиболее реально в таких сложных образованиях, какими являются геоэкосистемы. Кроме того, нечетко могут быть сформулированы интересы сторон, участвующих в согласовании. Наконец, высоким может быть уровень

неопределенности в отношении условий, в которых происходит согласование интересов. Задачи принятия решений в условиях неопределенности в принципе не могут быть сведены к строго составленным математическим задачам — для этого необходимо каким-либо образом устранить неопределенность, вводя те или иные гипотезы. Способ формулировки гипотез может быть самым различным, например, в виде функции принадлежности размытого множества или размытого отношения. Формулировка гипотез — это область содержательного анализа, представляющая собой не что иное как формализацию неформальных ситуаций, благодаря чему появляется возможность закодировать в математической модели информацию о свойствах изучаемого явления, целях или результатах принятия того или иного решения. Следовательно, проблема принятия решений в условиях неопределенности не является, строго говоря, математической, однако во многом благодаря именно математике удалось охватить все многообразие и своеобразие существующей проблемы и разработать операционные процедуры, позволяющие получить варианты тех решений, в которых действительно заинтересован субъект управления.

Принципиально важно иметь в виду, что, если решение принимается в условиях, когда ни цели, ни ограничения неизвестны точно, понятие некоторого фиксированного, однозначно определенного решения теряет смысл. В таких ситуациях можно говорить о классе подходящих решений, но не более того (Моисеев, 1981). С теоретической точки зрения, в условиях неопределенности может быть только один определенный результат — оценка на основе принципа максимина, т.е. некоторое решение, которое не может быть улучшено по одним параметрам, не будучи ухудшенным по другим. В частности, оптимальное, по Парето, состояние — это одна из возможных максиминных оценок. Все, что выходит за пределы максиминного результата,

является областью гипотез и риска. Сказанное, конечно, вовсе не обязательно понимать так, что для реализации должен быть принят вариант, соответствующий максиминной оценке, тем более что таких вариантов, как правило, много. Максиминная оценка — это, скорее, информация, полезная субъекту управления для дальнейшего, возможно, полностью неформального анализа. Принципиальный вывод из всего этого состоит в том, что в конечном счете никакой математический анализ не может дать строго определенного результата в задаче принятия решения в условиях неопределенности. Математика не может дать окончательного критерия отбора, если их изначально несколько. Задача математики здесь состоит в том, чтобы выявить и отбраковать неконкурентоспособные варианты решения, а также определить множество конкурентоспособных вариантов для дальнейшего содержательного анализа (Моисеев, 1981).

Все сказанное выше имеет непосредственное отношение к проблеме поиска компромиссных решений в геоэкосистемах. Неопределенность, в которой происходит согласование интересов, вынуждает отказаться от представлений о компромиссном решении как о некотором однозначно определенном состоянии объекта управления — геоэкосистемы. Поэтому в дальнейшем компромиссное решение следует понимать как некоторое множество возможных состояний геоэкосистемы, каждое из которых может быть выбрано в качестве окончательного в соответствии с некоторыми уже неформальными соображениями, содержание которых зависит от конкретной ситуации. При этом весьма желательно, чтобы отобранное множество наиболее конкурентоспособных состояний объекта управления было каким-либо образом упорядочено. Такая упорядоченность может явиться весьма важной информацией при последующем неформальном

анализе. В нашем случае, т.е. когда речь идет о выборе наиболее приемлемого с разных позиций состояния геозкосистемы, удобным способом упорядочения служит задание на множестве конкурентоспособных состояний некоторого «коллективного» предпочтения, т.е. предпочтения, в основе которого лежат одновременно природные, социальные и производственные интересы. Состояние, наиболее предпочтительное с позиций такого «коллективного» предпочтения, можно рассматривать как компромисс в узком смысле слова. Другой способ упорядочения это интерпретация конкурентоспособных состояний системы как размытого множества недоминируемых альтернатив, которое можно рассматривать также как специфическую форму Задания отношения предпочтения. Таким образом, проблема поиска компромиссных состояний геозкосистемы в формальном плане сводится к проблеме формирования «коллективного» отношения предпочтения или множества недоминируемых альтернатив.

Интерпретация компромисса как некоторого отношения предпочтения или множества недоминируемых альтернатив приводит к значительным трудностям, связанным с формулировкой критерия качества компромисса. Прежде всего, совершенно очевидно, что в такой ситуации полностью исключается возможность использования наиболее удобной формы представления критерия — целевой функции. Критерий качества компромисса приобретает следующую формулировку: найти некоторое результирующее (компромиссы) отношение предпочтения на множестве возможных состояний системы (или множестве недоминирующих альтернатив), наиболее близкое к отношениям предпочтения (т. е. интересам) всех участников конфликта. Однако при конкретной реализации этой формулировки сразу же возникает вопрос: что значит



наиболее близкое и как эту близость измерить? Из приведенных выше соображений со всей очевидностью следует, что однозначного ответа на этот вопрос принципиально не существует, так как компромисс отыскивается в условиях неопределенности, имманентно присущей условиям задачи. Следовательно, мы оказываемся вынужденными обратиться к своего рода размытым формулировкам критерия качества компромисса. Практически это означает, что критерий выбора задается в форме принципа выбора: наилучшим считается выбор на основе принципа, признанного наиболее приемлемым в данном случае. Но выбор того или иного принципа отыскания компромиссного решения — прерогатива содержательного анализа и зависит, следовательно, от того, насколько обоснованным представляется субъекту управления тот или иной принцип выбора. В этом и проявляется размытость критерия качества компромисса.

Таким образом, размытая формулировка критерия качества компромисса через принцип выбора результирующего отношения предпочтения или множества недоминируемых альтернатив — важная особенность задач согласования интересов в геоэкосистемах, во многом определяющая и особенности их решения. Это, конечно, не исключает и некоторых количественных способов оценки качества компромисса после того, как он будет достигнут на основе ранее принятого принципа выбора.

#### Логические основы поиска компромиссов в геоэкологических системах.

Согласование интересов в сложных системах — это чаще всего итеративный процесс. Одним из признаков достижения компромисса в системе является стабилизация информации в каналах связи, указывающая на то, что носители интересов пришли к выводу, что их дальнейшие усилия, направленные

на обеспечение самих интересов, уже не дадут позитивного результата или даже могут привести к утрате завоеванных позиций. В результате система оказывается в состоянии, по своему содержанию близком к состоянию оптимальности, по Парето, когда нет другого состояния, которое было бы для всех участников не хуже, и хотя бы для одного участника — лучше, чем достигнутое состояние. Другими словами, оптимальное, по Парето, состояние означает, что носители интересов обеспечили их соблюдение настолько, насколько это возможно в данной системе и в данных условиях. Напрашивается вывод, что достижение оптимального состояния может явиться одной из наиболее естественных формулировок критерия качества компромисса, так как этот критерий означал бы стремление добиться по возможности стабильного функционирования системы. Однако понятие оптимальности, по Парето, при всей его полезности не позволяет окончательно решить вопрос о том, какое состояние системы следует считать наиболее удачным компромиссом. Дело в том, что одна и та же система может иметь несколько паретовых состояний, а в ситуации, когда интересы сторон существенно различаются (как, например, производственные и природные интересы в геосистемах), таких состояний может быть много, так что проблема выбора остается. Но принцип Парето позволяет выявить неперспективные, неконкурентоспособные варианты решения и благодаря этому сузить множество возможных состояний, на котором отыскивается компромисс. Именно в этом смысл и практическая польза от использования указанного понятия оптимальности. Таким образом, принцип Парето — паллиатив, могущий быть весьма полезным.

Задача согласования интересов в геосистеме в принципе могла бы быть полностью формализована и сведена к задаче векторной оптимизации, если бы все интересы и условия могли быть заданы в системе

на строгом формальном уровне. Но, поскольку векторный оптимум не определен, задача векторной оптимизации не имеет математического смысла без некоторых дополнительных соображений. Одним из наиболее известных вариантов смысловой интерпретации векторного оптимума служит понятие оптимума по Парето. Постановка задачи согласования интересов в геоэкосистемах в виде задачи векторной оптимизации сопряжена с большими трудностями, обусловленными невозможностью строго формального описания условий задачи. Поэтому нужны иные, более приемлемые пути и методы отыскания компромиссов.

Как представляется, процедура достижения компромисса в геоэкосистеме в самом общем виде может быть осмыслена как некоторое подобие процедуры выработки коллективного решения, когда все стороны, участвующие в конфликте, соотносят и соизмеряют свои требования со складывающейся в системе ситуацией. При этом корректировка своих требований даже в сторону их уменьшения — в интересах участника конфликта, так как неверная оценка возможностей достижения своих целей, «твердолобость» и несговорчивость приведут к большим потерям, чем разумное сокращение своих требований. Такое коллективное решение может быть получено как результат процедуры типа групповой экспертизы, но с той принципиальной разницей, что участники преследуют не одну общую цель, а каждый свою. Поэтому известные процедуры выработки групповых решений, таких как метод Дельфи и целый ряд других (Литвак, 1982), не могут быть использованы непосредственно для выработки компромисса.

## **II. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ И ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМ.**

### **2.1. Общие понятия и положения.**

Наиболее адекватным способом описания характера функционирования и развития комплексных эколого-экономических систем (КЭЭС), предсказания их поведения на будущее и управления ими является геоситуационный подход. В области природной и социально-экономической географии в конце 70-х – начале 80-х годов ощущалась необходимость концептуального содержательного подхода, учитывающего достижения географии как в области традиционных направлений исследований, так и в современных – информационного моделирования, экологизации и глобализации. В этой связи был сформулирован геоситуационный подход, реализующий управленческий аспект моделирования окружающей среды (Трофимов, 2007).

Вообще говоря, ситуационный анализ в географии начал развиваться с 60-х – начала 70-х годов прошлого века в англоязычных странах. Его развитие связано с введением представлений о пороговой составляющей анализа (Malisz, 1972), где ситуация рассматривается в качестве каскадных образований. Затем тенденция социальных ситуаций, применяемая к общему устройству территориальной организации, получает разработку во французской географии человека (Клаваль, 1976) и Лундской школы (Hagerstrand, 1976), использующей набор диагностических показателей для идентификации территории.

В 1982г. в Казанском университете появилась работа А.М.Трофимова и М.В.Панасюка (1982), в которой вводится понятие концептуальной модели географической ситуации. Оно позволило дать формальное описание выделенных (с позиции данной

цели) свойств объектов географической ситуации и математико-географического моделирования.

В 1984г. в межфакультетском философско-методологическом сборнике Казанского университета публикуется работа трех авторов А.М.Трофимова, Н.М.Солодухо и М.В.Панасюка (1984), положившая начало геоситуационной концепции и оригинального геоситуационного подхода.

В «Манифесте ситуационного движения» Н.М.Солодухо (2005) пишет, что новое мировоззрение с нестабильной, хаотичной, неоднозначной картиной мира, стало возникать по мере разработки теории катастроф, флуктуационной теории необратимых процессов, синергетики и т.п. Эти тенденции в развитии постклассической науки стали созвучны философии постмодернизма с его идеями мира как непрогнозируемого хаоса, недетерминированных связей, равновероятностных возможностей реализации, равноценности всех конструктивных элементов как природного, так и социального порядка.

Таким образом, конец XX и начало XXI века характеризуется особым положением в сфере познания, которые в целом для адекватного отражения действительности могут быть выражены через понятие «ситуация».

Позднее появилось и особое геоситуационное моделирование (Трофимов, Гнеденков, 1992).

Согласно его положениям (Геоситуационный подход..., 1993), результат взаимодействия составляющих геоэкосистем рассматривается как складывающаяся геоситуация (экоситуация). Состояние геоэкосистем различных территориальных уровней в любой заданный момент времени можно представить в виде сложной динамической совокупности взаимосвязанных геоситуаций. Геоситуации имеют в каждом конкретном случае отчетливо выраженную пространственную локализацию и границы. На территории

геоэкосистемы выделяется совокупность геоситуаций, и в то же время геоэкосистемы формирует геоситуацию более высокого ранга территориальной иерархии.

Геоситуационный подход предполагает, что управление геоэкосистемами - это управление существующими и складывающимися геоситуациями. Согласно этому подходу, управлять необходимо самими геоситуациями, так как перспективные нежелательные состояния, элементы нарастания неупорядоченности систем управления геоэкосистем возникают в зарождающихся изменениях условий, обстановки. В геоситуации заложен как бы зародыш изменения их состояния, и в то же время она является своеобразным индикатором подобного изменения. Управлять условиями, отражаемыми геоситуацией, более целесообразно в силу большей степени их подвижности, большей податливости к воздействиям.

Геоситуации и геоэкосистемы связаны сложными отношениями. Понимание механизма, этих отношений приводит к возможности управления КЭЭС при целенаправленных комплексных воздействиях на совокупность геоситуаций определенной территории. Большая подвижность, меньшая степень инерционности последних приводит к тому, что управленческие решения, принятые на уровне геоситуаций, приводят к повышению результативности, эффективности управления геоэкосистемой. Повышение эффективности управления, в частности, обусловлено и тем, что геоситуации служат основой для осуществления в основном косвенных воздействий, которые фиксируются на свойстве самоорганизации и самоуправления геоэкосистем и, как правило, более результативны.

С точки зрения геоситуационного подхода целью управления геоэкосистем является не формирование и поддержание оптимальных состояний объекта, а формирование заданных

инвариантов геоситуаций. Последние отличаются достаточно высокой устойчивостью. Они формируют условия для постепенного перехода геозкосистем в определенное состояние с учетом процессов самоорганизации и самоуправления. Подобные оптимальные с точки зрения выбранных содержательных критериев инварианты определяются на базе геоситуационного анализа и моделирования (Трофимов, Котляков Селиверстов, 1997).

### Проблема компромиссов в геозкосистемах (теоретические основы и общие подходы).

Все современные экологические проблемы являются в конечном счете результатом жизнедеятельности человека в природе. Хозяйственная деятельность людей проистекает из их стремления удовлетворить свои разнообразные материальные и нематериальные потребности. Здесь уместно обратиться к понятию «интересов» как побудительной силы общественной активности людей. При этом имеется в виду активность как производственная, так и социальная, мало или лишь косвенно связанная с функцией производства материальных благ. По мере развития человеческого общества нарастают противоречия между содержанием производственных и социальных интересов, находящих свое выражение в материальных и нематериальных потребностях людей. Характерным примером такого раздвоения интересов является растущее противоречие между стремлением людей к росту материального благополучия, с одной стороны, и стремлением обитать в условиях здоровой природной среды - с другой.

Всякое несовпадение интересов в системе можно рассматривать как конфликт. Существование такого рода конфликтов порождает одну из наиболее важных проблем управления геосистемами –

проблему согласования интересов, которая сводится к отысканию компромисса – наиболее разумного или приемлемого с некоторых позиций. Коллизии, обусловленные столкновением противоречивых интересов в геосистемах, определяют ее состояние, спектр экоситуаций в различных точках территории.

Отмеченные выше особенности предлагаемого подхода к анализу геоэкосистем определяют и специфику методического аппарата исследований. Недостаточно строгий характер многих интересов в геоэкосистемах и многообразие их проявлений дают основание считать, что при описании и согласовании этих интересов значение и возможности строгих методов ограничены. Это определяет целесообразность привлечения методов неформальных и полупоформальных. Их основу можно видеть, прежде всего, в методах теории экспертных оценок и теории размытых множеств. Существующая объективная (статистическая, эмпирическая и др.) информация практически никак не приспособлена для непосредственного выявления предпочтений конфликтующих сторон геоэкосистемы, вследствие чего обращение к методам получения, анализа и обработки экспертной информации представляется неизбежным. То обстоятельство, что элементы и подсистемы геоэкосистем описываются во многом нечеткими, расплывчатыми, приближенными (в частности, из-за недостатка объективной информации) характеристиками, делает целесообразным обращение к методам теории размытых множеств.

Важнейшие этапы (задачи) исследования геоэкосистем в рамках предлагаемого подхода выделяются следующим образом.

1. Декомпозиция геоэкосистем на составные части (отраслевые и территориальные), для которых понятие интересов приобретает наибольшую степень определенности. Под отраслевыми подсистемами подразумеваются материальное производство, население и природа, взаимодействие интересов



которых определяет особенности экоситуации. Но поскольку на разных участках территории характер и результаты этого взаимодействия могут быть различными, возникает задача разделения территории. При этом весьма желательно, чтобы результатом решения этой задачи были взаимопроникающие (т.е. размытые) геоэкологические районы, что более адекватно отражало бы реальную действительность. Результатом первого этапа должна явиться формально-содержательная модель территориально-отраслевого устройства геоэкосистемы как арены согласования интересов.

2. Описание интересов выделенных частей геоэкосистем. Это могут быть производственные, социальные и природные интересы или - в другой комбинации - отраслевые и территориальные интересы. Наиболее реальным способом описания интересов представляется задание на множестве состояний геоэкосистем отношений предпочтений всех сторон, участвующих в конфликте. Это наиболее трудоемкий этап, предполагающий привлечение значительного экспертного потенциала. Эксперты должны быть в состоянии разработать вероятные оценки социально-экономического развития территории (как в отраслевом, так и территориальном планах), а также определить степень «желательности» или приемлемости этих сценариев для каждого из носителей интересов. Эксперты должны быть также в состоянии оценить с позиции носителей интересов в геоэкосистеме все значительные проекты производственного, социального и природоохранительного содержания.

3. Согласование интересов с привлечением методов и алгоритмов, адекватных идеологии предлагаемого подхода. В наиболее общем плане - это методы определения компромиссного предпочтения на основе множества частных предпочтений. Конкретные особенности используемых алгоритмов зависят от особенностей

постановок геоэкологических задач. При наличии четко сформулированных целей и корректно описанных интересов процедура согласования может проходить по строгим и однозначным правилам.

4. Содержательный анализ и оценка качества найденного компромисса, результаты которого могут, в частности, составить основу прогноза динамики геоэкосистем, если прогнозное состояние объекта понимать как ситуацию, которая должна сформироваться в результате того, что стороны (носители производственных, социальных и природных интересов), действуя в соответствии со своими интересами, решают конфликтные вопросы путем разумного компромисса.

Изложенные выше соображения и порядок организации исследований позволяют сделать заключение, что в методическом плане для реализации предлагаемого подхода должны быть разработаны методы (алгоритмы): 1) выделения размытых геоэкологических районов, 2) описания интересов в геоэкосистеме, 3) согласования интересов (отыскания компромисса), 4) оценки качества компромисса. Новизна предлагаемого подхода диктует целесообразность предварительного исследования возможностей перечисленных методов с помощью имитационных процедур. Разработка указанных методов и анализ их возможностей должны составить содержание дальнейших исследований.

Предлагаемый подход к исследованию геоэкосистем носит весьма общий характер и способен объединить в своих рамках многие частные направления исследований. Обязательными условиями практической реализации подхода на конкретной территории являются: 1) наличие объективных (статистических, эмпирических и др.) сведений экономического, социального и экологического содержания как информационной базы экспертных процедур по выявлению предпочтений сторон; 2) привлечение в качестве

экспертов значительного числа специалистов в области экономики, социологии, психологии, экологии, биологии, географии и, возможно, политологии; 3) наличие материально-технических и иных средств, способных оперативно обеспечивать большие объемы вычислений. Так как в силу объективных причин результаты расчетов, скорее всего, должны будут периодически корректироваться, представляется целесообразной организация экспертных, аналитических, статистических и расчетных групп на постоянной основе при прямой поддержке государственных структур.

### Население в геоэкосистеме: модельный подход.

Территориальный процесс в геоэкосистемах реализуется взаимодействующими подсистемами населения, хозяйства и природы, каждая из которых в течение времени изменяет характеристики состояния территории.

Можно считать, что каждая из подсистем и сама геоэкосистема преследует свои цели.

Концепция здоровья является основной в экологии человека (Казначеев, 1986). Поэтому основная цель подсистемы «население» может быть определена как сохранение (поддержание) здоровья популяции. Цель подсистемы «хозяйство», как известно, - удовлетворение материальных и нематериальных потребностей населения. Природная составляющая рассматриваемой системы имеет определенную стратегию, которая, по мнению Н. Н. Моисеева (1978, 1988, 1990), обусловлена вторым началом термодинамики и принципом диссипации (рассеивания).

Главная цель подсистемы «население-хозяйство» - это выживание Человека (человеческого общества). Подсистема «человек» (человеческое общество), как и любой организм (биологический или социальный), в первую очередь стремится сохранить и по возможности развить себя. Целью подсистемы

«хозяйство-природа» является использование природных ресурсов для производства. Что касается системы в целом, видимо, не имеет смысла говорить о ее цели как о заданной свыше. Однако ее «развитие на всех стадиях подчинено общим закономерностям и в этом смысле целенаправленно».

Показатели, характеризующие деятельность геоэкосистем, можно подразделить на глобальные (относящиеся ко всей системе в целом) и локальные (относящиеся к отдельным подсистемам разных уровней). Основная функция (цель) подсистемы «население» обеспечивается функциями его жизнедеятельности. Характеристики функций жизнедеятельности населения можно подразделить на потребление, показатели труда, характеристики быта, показатели репродукции, отдых, образование.

Характеристики хозяйства на рассматриваемой территории определяются в основном его целями и, как отмечалось выше, состоят в удовлетворении материальных и нематериальных потребностей населения. Эти потребности составляют определенную иерархию, на низшем уровне которой находятся физические потребности, на среднем – социальные и на высшем – духовные (Баранова, Левин, 1988).

В подавляющем большинстве известные по литературе характеристики природы оказываются существенными при оценке экологического состояния территории. Не обсуждая всего многообразия этих характеристик, можно отметить, что все они связаны с кругооборотом вещества и энергии в природе. В то же время среди них можно выделить группы характеристик, существенных для подсистем населения и хозяйства.

Можно считать, что вся геоэкосистема в целом имеет общие характеристики, не присущие отдельным подсистемам. Они порождаются на основе суперпозиций отдельных составляющих системы: биологических, геологических, экономических, социальных и др. Через эти характеристики и

выражаются общие закономерности этой системы, цель которых, как отмечалось выше, следует этим закономерностям.

Одной из основных закономерностей геоэкосистемы в целом является стремление человечества к выживанию и, в частности, той ее части, которая проживала, проживает и будет проживать на рассматриваемой территории. Отмеченная закономерность определяет указанную выше цель подсистемы «население-хозяйство». Поэтому можно считать, что развитие данной подсистемы подчинено отмеченной цели - выживанию Человека (человеческого общества). Необходимым условием достижения этой цели является сохранение здоровья населения (популяции людей).

Реализация цели подсистемы «население» (сохранение здоровья населения) обеспечивает выполнение необходимого условия достижения цели подсистемы «население-хозяйство». Подсистема «хозяйство» обеспечивает удовлетворение потребностей населения как в здоровье, так и более широких.

В подсистеме «население-природа», как было отмечено выше, ведущей составляющей является природная, и население рассматривается как биологическая популяция наряду с популяциями других живых организмов. Поэтому всякие изменения природы оказывают непосредственное физиологическое воздействие на людей. С другой стороны, население как биологический вид оказывает воздействие на природную среду самим фактом существования в составе природы.

В подсистеме «хозяйство-природа» хозяйство рассматривается в основном как техническая система, включающая в себя орудия труда, используемую технологию - все, что обеспечивает удовлетворение потребностей человека. Здесь учитываются все взаимодействия между хозяйством и природой, которые заключаются в изъятии из природы ресурсов

и в возврате в нее продуктов и отходов производства. Активную роль в данной подсистеме играет хозяйство.

Развитие природной подсистемы - это суперпозиция множества переходов состояний ее элементов из одного в другое. При этом в соответствии с общими законами сохранения эти переходы сопровождаются потреблением и выделением вещества и энергии. В целом процессы, происходящие в природе, увеличивают энтропию (хаос), а уменьшение энтропии (возрастание порядка, организованности) возможно лишь на отдельных участках (например, за счет деятельности человека) путем привлечения вещества и энергии извне (из других участков).

Приведенные выше соображения показывают, что процесс происходящих в геосистемах изменений реализуется через отдельные преобразования (переходы) в различных подсистемах, что соответствует известным представлениям об изменениях как о преобразованиях. Взаимодействие подсистем в процессе их изменений осуществляется посредством обмена веществом, энергией и информацией между отдельными циклами (переходами). Исходя из того, что передача вещества и энергии всегда осуществляется в пространстве, опирающемся на определенную территорию, территория выступает как место, на котором реализуется взаимодействие между переходами, т. е. взаимодействие между всеми подсистемами геоэкосистемы. Сказанное относится и к информации, информация передается на физических носителях (веществе или энергии), и в силу этого обмен информацией между переходами также реализуется на территории.

## Эколого-экономическое районирование как модель пространственной экоситуации (фундаментальный подход).

Одним из возможных подходов к выделению эколого-географических районов как количественными, так и традиционными методами можно считать подход, непосредственно опирающийся на постановку задачи выделения в многомерном пространстве компактных групп объектов (операционно-территориальных единиц – ОТЕ). Такие компактные группы получили название «ядра» - «прообраза» эколого-географического района (Трофимов, Рубцов, 1992).

Ядро - это географическое место точек, в котором в наибольшей степени, с наибольшей плотностью и интенсивностью выражены признаки района, положительно отвечающие избранному критерию районирования. Таким образом, ядро - это концентрированное выражение специфических свойств района, сложившейся экологической ситуации.

Прообраз района может быть задан исследователем либо в виде описания реально существующих географических объектов (со сложившейся в них экологической ситуацией), либо в виде фиксированных значений многомерного описания, не характеризующего отдельные эколого-географические объекты. Это так называемые эталонные ядра. С другой стороны, ядра могут не задаваться, а находиться на основе заданной информации (процедура объективной автоматической классификаций).

Ядро само по себе может иметь сложную компонентную (независимо от способа определения) и территориальную структуру. Поэтому при удовлетворении ядра требованиям, предъявляемым к районам (например, компактность, однородность, типичность, связность и т.д.), оно может представлять собой эколого-географический район.

Чаще складывается иная ситуация, когда для выделения эколого-географического района необходимо проведение дополнительных операций, процедур.

Последовательность этих операций в общем виде можно представить следующим образом. Оставшиеся после формирования района ОТЕ образуют группу, которая еще раз подвергается классификации. Эта группа объединяет ОТЕ, принадлежность которых тому или иному ядру может быть гарантирована лишь с определенной вероятностью. Соотношение между ядром и окружающими его ОТЕ будут, конечно, различными. Это зависит от устойчивости ядра, длительности его существования, взаимодействия с другими ядрами и т. д. При этом возможны следующие ситуации: 1) ОТЕ оказываются вкрапленными поодиночке в скопления (ядра) ОТЕ других групп; 2) ОТЕ, оказавшиеся на стыке скоплений ОТЕ других групп; 3) ОТЕ образуют широкие переходные полосы между группами ОТЕ.

В первом, наиболее простом случае, они включаются в ядро без какого-либо дальнейшего рассмотрения. Во втором случае рассматриваются в отношении сходства с окружающими их ядрами и добавляются к наиболее похожему ядру. В этом случае необходимо среди множества вариантов объединения найти такой, который бы удовлетворял требованию максимально возможной гетерогенности значений показателя. Для сложных вариантов эколого-географического районирования (третий случай) предполагается более строгий метод. Вводится наряду с понятием гетерогенности еще понятие гомогенности внутри района - максимальная межгрупповая и минимальная внутригрупповая дисперсия показателей. Для того, чтобы сформировать районы, необходимо, чтобы гетерогенность между ОТЕ и ядром была максимальной, а гомогенность внутри района минимальной.



Второй и третий случаи приводят нас к решению самостоятельной задачи – «компромиссных» районов.

Таким образом, процедуру выделения эколого-географических районов «ядерным» способом можно представить как последовательность следующих этапов.

1. Выделение природно-хозяйственных районов по совокупности природных и экономических факторов. Цель - наиболее полный отчет о влиянии природных и экономических факторов и условий на формирование экологических ситуаций.

2. Анализ экологических факторов, выделение в каждом природном районе экологических образов (ядер) и их классификация. Цель - создание структуры исходной картины распределения эколого-географических районов (прообраз карты районов).

3. Формирование эколого-географических районов. Цель - создание интегральной карты, обеспечивающей подход к выделению районов различной степени благоприятности условий жизни населения.

При этом особое внимание необходимо уделить методическому подходу определения, задания или формирования ядер. На наш взгляд, можно выделить два основных методических приема.

Первый подход во многом связан с требованиями, предъявляемыми к ядру и, следовательно, району. Если мы хотим, чтобы степень сходства внутри ядра (района) была больше любого сходства между ОТЕ района и с остальной частью ОТЕ, то целесообразно задавать ядра типа «сгущения».

Если нас интересует, какое влияние оказывает тот или иной объект на складывающуюся экологическую ситуацию, то целесообразно задавать ядро с центром. Часто центром является центр тяжести, т.е. координаты центра определяются как средние значения признаков у объектов (ОТЕ).

Иногда бывает целесообразно выделить промежуточные, переходные, размытые районы. В этом случае лучше ядра задавать в виде любого сгущения. Чаще всего они имеют вид «ленты».

При анализе внутренней структуры следует отдать предпочтение ядру типа «изолированного облака», т. е. независимо от внутренней плотности ядра (района) учитывается только внешняя изоляция.

Приведенные типы формирования ядер, а, следовательно, и сами районы лучше всего использовать при решении таких задач, как характеристика существующей экологической ситуации, анализ территориальной или компонентной структуры района, определение степени влияния того или иного фактора на экологическую ситуацию. Другими словами, данный подход целесообразен для стационарных процессов.

Второй подход связан с решением прогнозных, управленческих задач. В этом случае речь идет не о задании ядер, а об их выделении на основе пространственного анализа. Он основан на предположении, что при массовом проявлении пробиваются определенные закономерности, и в этом случае статистическая поверхность является модельным выражением проявления множества факторов, сочетание которых различно и изменяется от одной точки пространства к другой. Построив фоновую или нормативную поверхность (соответствующие методики и рекомендации имеются в литературе), отыскиваем аномалии какого-либо пространственного распределения признаков. В результате будем иметь совокупность ранжированных ядер по своим характеристикам, что позволит выделить районы с различным уровнем экологических ситуаций, прогнозировать их развитие, «проигрывать» различные варианты поведения экологических систем и вырабатывать наиболее приемлемые рекомендации.

В заключение следует отметить, что данная процедура выделения эколого-географических

районов обеспечивает взаимоувязку следующих основных моментов: природные и экономические условия и факторы - экологическая ситуация - экологический образ (ядро)-эколого-географический район - географическая ситуация, что позволяет осуществить оценку и анализ, прогнозирование и управление, охрану окружающей среды. Например, изменения в экоситуации через эколого-географический район оказывают влияние на геоситуацию и, наоборот, на изменения в геоситуации могут либо усилить, либо ослабить влияние экоситуации.

Материалы показывают, что комплексные эколого-экономические системы могут рассматриваться не только как средство вербального описания экологических ситуаций на заданных территориях, но и как средства полуформализованного описания этих ситуаций, которые, после соответствующей доработки, могут быть использованы для построения математических и компьютерных моделей. В частности, уже тот факт, что КЭЭС можно рассматривать как иерархическую систему, осуществляющую координацию взаимодействий населения, природы и производства на территории, или как систему согласования интересов, позволяет в принципе перейти к средствам общей теории систем, а на этой основе - к исследованию динамики территориальных экологических процессов на компьютерных моделях. Понятно, что открывающиеся в силу сказанного возможности должны позволить осуществить более качественный подход от существующих методов статистической оценки экологического состояния территории к динамическим оценкам экологических процессов при различных начальных условиях и тем самым к оценке дальних экологических последствий тех или иных воздействий на территорию. В дальнейшем предполагается построить ряд компьютерных моделей конкретных геоэкологических и продемонстрировать на их основе

значимость подхода. Предполагается, что технологическую основу таких моделей должна обеспечивать динамическая графика территориальных процессов - совокупность программных и математических средств, организованных в систему МОС (моделирование окружающей среды) (Трофимов, Гнеденков, 1988).

## **2.2. Моделирование экологических ситуаций.**

### Экоситуации и экологическое состояние геосистем.

Экологическое состояние геосистемы можно рассматривать как особый спектр экоситуаций, под которыми понимается совокупность воздействий биотических и абиотических факторов, связанных между собой в рамках данной геосистемы. Система «природа — общество» представляет собой разнородное поле экологических взаимодействий, в котором происходят, переливы и перекачка вещества, энергии и информации. Выявление и оценка «опасных» экоситуаций позволит прогнозировать «надежность» функционирования экосистемы в целом или отдельных ее звеньев.

В геоситуационной концепции (Трофимов, 1988) *под геоситуацией понимается исторически сложившаяся обстановка, совокупность факторов в географическом пространстве-времени, обуславливающая взаимодействие его компонентов.* Экологическая ситуация есть определенная сторона, аспект географической ситуации. Если геоситуация учитывает всю совокупность географических факторов, состояние геополя, то экологическая ситуация (экоситуация) отражает совокупность тех факторов, которые определяют состояние экосистемы (Трофимов, Солодухо, 1986). При этом можно выделить три основных структурных уровня географических ситуаций и соответствующих

геоэкологических систем: глобальный, региональный и локальный.

Поскольку локализованные природные и социально-экономические неоднородности служат зародышами или очагами новых образований и состояний, управлять надо научиться прежде всего этими неоднородностями; замедлять или ускорять их рост, направлять их эволюцию по заданному руслу. Следует сохранять и стимулировать развитие одних локализованных экологических неоднородностей - заповедников, источников чистой питьевой воды, «зеленых зон» и т. д., и по возможности приостанавливать рост других локализованных экологических неоднородностей, таких, как территории природных и техногенных бедствий, очаги загрязнения, уничтожение биocenозов, интенсивная эрозия и т. п. Следовательно, экологические ситуации можно оценивать - как прогрессивные, положительные или регрессивные, отрицательные в соответствии с их ролью в развитии данного региона. Разрастание образований второго типа опасно или даже губительно для всей системы экологических взаимодействий.

Выявление и оценка «опасных» экологических неоднородностей в виде экоситуаций позволяет прогнозировать «надежность» функционирования экосистемы в целом или отдельных ее звеньев. Своевременное выявление и устранение «вредных» локальных экологических ситуаций даст возможность сохранить экологическую однородность, а следовательно, и стабильность жизненно необходимых объектов и процессов. Здесь важно не только обнаружить и определить значимость той или иной экологической неоднородности, выражающей соответствующее состояние, но и оценить скорость ее изменения.

Управление экоситуациями предполагает автоматизированную обработку информации с такой последовательностью: регистрация, оценка, дифференциация по значимости экологических

локализованных неоднородностей в соответствии с заложенной экологической программой. Такая последовательность операций позволит распределить выявленные опасные экоситуации по степени их значимости, а затем и «сканировать» все поле экологических взаимодействий по зонам и уровням. Экоситуационный подход позволяет уловить начальные фазы назревших изменений в геоэкосистеме, а следовательно, сделать более доступным и действенным управление ее развитием. В нежелательную экоситуацию легче внести нужную коррекцию, чем воздействовать на изменившуюся геоэкосистему, в которой произошли необратимые качественные преобразования. Сказанное полностью относится к глобальным экоситуациям, управление которыми должно осуществляться, прежде всего, на низших уровнях иерархии геополя — локальном и региональном. Именно на этих уровнях зарождаются и накапливаются в виде локальных неоднородностей геоэкоситуации, ведущие к изменениям в глобальном масштабе (Солодухо, Трофимов, 1990).

В ряде случаев экоситуация ведет к перестройке сложившейся или складывающейся структуры, а иногда и нет. В целом можно предположить смену состояний географического пространства-времени в виде следующих следствий процессов взаимодействий в географическом пространстве-времени (см. также А. А. Крауклис (1989): 1) экоситуации могут возникнуть в любых точках пространства и отрезках во времени; время их «жизни» и эволюции определяется силой и интенсивностью пространственно-временных взаимодействий компонентов среды; 2) историческое «наследие» порою играет решающую роль в возникновении и развитии геоэкоситуации; этими же обстоятельствами порой объясняется преимущественное возникновение геоэкоситуации в определенных точках пространства и в определенном отрезке времени; 3) в ходе развития геопространства на фоне необратимых направленных изменений

возможно повторение сходных ситуаций (в том числе и через определенные промежутки времени); 4) одновременно (в разных местах геопространства) могут быть представлены состояния окружающей обстановки (геоэкоситуации), соответствующие различным стадиям и (или) различным фазам циклических схем развития; 5) порой возникает компенсация пространственного разнообразия временным и наоборот (это допускает использование при моделировании экосистем принципа эргодичности).

Перечисленные следствия раскрывают особенности процесса развития геоэкоситуации и показывают, насколько сложным и многообразным может быть характер реализации ситуации в виде каких-либо структурных или иных образований. И главным здесь, как уже было сказано, выступает исторический аспект.

Исторические реконструкции социальных, экономических, демографических и других явлений и соответствующих территориальных систем для понимания процесса образования и формирования территориальных социально общественных систем вначале служили объектом исследования исторической географии, а затем, в силу комплексности изучаемого предмета и вовлечения все более, казалось бы, отдаленных дисциплин (землеведение и др.), рамки этого объекта исследования значительно расширились. Обзор взглядов на этот процесс предложил В. В. Анненков (1991, 1992).

Исходной, теоретической базой нового направления служит концепция ноосферогенеза — перехода биосферы в иное состояние под влиянием исторически менявшейся человеческой деятельности и накопления ее продуктов. Источники ноосферогенеза лежат в росте численности человечества и его распространения по поверхности Земли, в развитии способов производства и социальных формаций, в техническом прогрессе, в

изменении экологического поведения (т. е. отношения людей к среде их обитания и т. д.). Таким образом, «предметом исторической географии глобальных изменений является ноосферогенез в его явлениях на всех уровнях организации биосферы — от локального до глобального, на разных территориях и акваториях и в разные исторические эпохи» (Анненков, 1992, с. 42). В этом общем подходе глобального изучения окружающей среды понятия, вводимые географами различной ориентации, должны стать конвертируемыми.

В исторической географии глобальных изменений среды структурные модели ситуаций в сложных и многообразных природно-социально-экономических комплексах должны быть достаточно фундаментальными. Пока что предлагаемые модели неадекватны понятию комплекса в том содержательном осмыслении, в котором мы его понимаем. Поэтому и сами модели должны прежде всего обзавестись вначале содержательными концепциями. География все еще не располагает широкими концепциями глобального характера, чаще всего они предметны и явно заужены.

Одной из концепций, заслуживающих внимания в этом отношении, в качестве иллюстрации может служить «концепция согласования интересов в системе» (концепция принятия компромиссных решений) (Хузеев, 1987).

В формировании взаимодействия носителей близких «интересов» элементов геоэкосистемы и концентрации противоречий между ними можно видеть факт возникновения локальных неоднородностей, в известной степени являющихся источником формирования новой структуры. В этом случае структура может рассматриваться как относительно устойчивая совокупность отношений между элементами, с помощью которых достигается и поддерживается компромисс, необходимый для существования системы.



Наличие структуры всегда предполагает ту или иную степень ущемления интересов элементов и подсистем геоэкосистемы. Это в свою очередь приводит к понятию *степени напряженности структуры*, которая понимается как степень несовпадения взаимодействующих в системе интересов. Поскольку для разных элементов и подсистем такое несовпадение проявляется в разной мере, возникает своеобразное поле напряженности (это могут быть критические зоны, зоны риска и т. п.).

Особое значение приобретает *проблема поиска компромиссных решений*. Последние в геоситуационной концепции понимаются как некоторое множество возможных состояний геоэкосистемы, каждое из которых может быть выбрано в качестве окончательного в соответствии с некоторыми уже неформальными соображениями, содержание которых зависит от конкретной ситуации.

Подобные концепции позволяют проследить путь пространственной деятельности и социального развития общества, которое всегда характеризуется территориальной определенностью, причем территориальная организация общества обусловлена самой сутью общественного развития. Эта идея М. Н. Межевича была в дальнейшем интерпретирована им в виде концепции, в соответствии с которой региональная среда — это целостная и неразрывная совокупность условий производства и жизнедеятельности. *Высшей формой региональной среды служит социально-экономический комплекс*. Создание подобных комплексов есть путь к существенному преобразованию социального пространства в непосредственную среду жизнедеятельности населения.

Под воздействием медленно возрастающей внешней нагрузки, при переходе через ее предельную величину, линейный ход развития системы нарушается и она переходит в качественно новое

состояние, Предсказать однозначно результат «бифуркационного развития» (Моисеев, 1988) практически невозможно. Конечно, будет развиваться методология и методика нетрадиционных подходов и направлений исследований.

Сегодня дать ответы на ряд существенных вопросов развития средствами «обычной» логики затруднительно. Очевидно, должна существовать какая-то особая логика глобального развития, где «обычная» воспринимается как логика заданного уровня, а глобальная — как логика межуровневого развития — *логика эволюции человеческого общества.*

В реальности логика глобального развития, очевидно, может допускать скачки и «сбои». Каждый такой скачок или «сбой» в развитии — это изменение числа уровней в иерархии общественного устройства. Однако даже если рассматривать процесс только прогрессивного развития, то можно отметить, что система не может бесконечно увеличивать число уровней: рост их ведет к потере системной устойчивости и цельности. Невозможность перехода на качественно более высокий уровень система компенсирует развитием однородных, себе подобных и неустойчивых образований только одного уровня (так называемая тупиковая ситуация в развитии). При этом чем выше организация системы, тем сложнее превзойти свой уровень развития и тем шире процесс создания однородных одноуровневых образований. Временные рамки переходов возрастают по экспоненте.

По этой причине возникают вопросы, на которые пока нет готовых ответов: о какие усилия должны быть затрачены на переход от одного уровня развития к другому? Какие усилия необходимо затратить на выход из очередного «сбоя» в развитии? Может ли возникнуть ситуация, при которой на определенном этапе развития не удастся перейти на более высокий уровень? Достаточно ли у человечества физических, моральных,

интеллектуальных, нравственных и иных сил на преодоление этого барьера?

В сложных иерархических системах (а геоэкосистема имеет именно такой тип) *концепция абстрактного уровня организации* (Хакимов, Трофимов, 1989) позволяет проводить моделирование с помощью использования аксиоматических предположений, выводов, принципов, ограничений и т. д. В этом плане переход системы на новый уровень организации связан со сложным преобразованием структуры развивающегося объекта. Здесь можно вывести следующие положения: 1) в качестве причины, тормозящей переход системы на новый уровень, служит возрастание ее неустойчивости; 2) возникновение нового уровня оказывается связанным с качественной перестройкой структуры — развитием однородных неустойчивых систем, имеющих одинаковое строение и превращающихся из отдельных целых в части системы более высокого ранга; 3) устойчивость системы более высокого уровня (особое состояние, обусловленное причинно-следственными отношениями «элементов» ее структуры) связана и с существованием вероятностных отношений между образующими ее однородными подсистемами.

Постулируя представление о том, что негэнтропия нового уровня может осуществляться на основании энтропии в отношениях между ее однородными подсистемами, приходим к далеко нетривиальным выводам.

Во-первых, существование неустойчивости, обусловленное вторым законом термодинамики и существованием вероятностных отношений во взаимосвязях подсистем, выступает не разрушительным началом, а расширением возможностей выбора наиболее оптимальных путей перехода на новый уровень организации. Диалектика устойчивого и неустойчивого такова, что только свойства устойчивого не определяют процесс

развития, так же как и свойства только неустойчивого. Лишь взаимоотношение устойчивого и неустойчивого характеризуют диалектику процесса развития на основании системных идей иерархии.

Во-вторых, из диалектики взаимоотношений устойчивого и неустойчивого следует также нетривиальное представление о возрастании неустойчивости в развивающихся системах. Для разрешения возникающего при этом противоречия постулируется представление о том, что возрастание неустойчивости в развивающихся системах компенсируется убыстрением процессов развития (ускорением функционирования, увеличением однородных структур и резким пространственным расширением) на уровнях более высокой организации. Последний вывод, Вытекающий из диалектики взаимоотношений устойчивого и неустойчивого на основании идей иерархии, конкретизирует процесс развития, раскрывая особенности развертывания научно-технической революции, инновации нововведений, их воздействия на общество и природу, а также процессы ускорения антропогенного воздействия на окружающую среду (Котляков, Трофимов, Селиверстов, Солодухо, 1995).

#### Содержательные основы моделирования экоситуаций.

Чтобы моделировать, имитировать, прогнозировать и управлять экоситуациями и геоэкосистемами, необходимо изучить базовый содержательный аспект этих образований. В самом общем виде содержательные позиции этого аспекта были сведены в единую систему А. М. Трофимовым и Е. Л. Любарским (1991). Эта система представляет собой ряд принципиальных позиций (проблем), на основе которых можно сформулировать базовое учение о моделировании экологических ситуаций.

## Проблема масштаба и объекта изучения.

Для моделирования перспективна тенденция учета как экологических аспектов социально-экономического развития регионов, так и экономических и других аспектов при моделировании функционирования и развития глобальных региональных и локальных экосистем разного уровня генерализации. Масштаб влияния одного на другое при рассмотрении отдельных геоэкологических систем, разумеется, различный. Здесь должна учитываться исторически сложившаяся обстановка, состояние, совокупность факторов в окружающей среде, обеспечивающих особенности связанности, интерфейса и сбалансированности этой среды.

В.Л. Каганский (1987) еще раз подчеркнул, что одной из форм осмысления концептуальности территориальных феноменов выступает концепция географической уникальности. Территория рассматривается с точки зрения пространственной упорядоченности позиционного принципа (выведение особенностей объектов из их географического положения),

Действительно, в последнее время проблема территориальности приобрела особо значимый смысл. Природоведы осознали, что территориальный аспект изучения является главенствующим, связующим для комплексного подхода, ибо именно на территории происходит фокусирование процессов взаимодействия в окружающей среде. В. М. Котляков (1987) считает, что «территория как особый тип пространственной группировки ресурсов становится важнее ресурсов натурально-вещественных» (с. 47), а Я. Г. Машбиц (1987) называет ее «универсальным ресурсом». Он также дополняет принцип территориальности, показывает, что «каждому типу социально-экономической деятельности присуща и «своя» территориальная организация, свое

соответствующим образом организованное пространство» (с.58).

Именно таким путем шло становление нового направления — *социальной экологии*. Программы социально-экологических исследований в своей эмпирической части должны быть ориентированы на территориальные комплексы. Однако, в главной своей части эти программы должны выводить на характеристику их общественных структур, которые связываются с понятием ноосферы. Поэтому следует говорить о проблеме конструирования общественных отношений нового типа — социо-экологических отношений (Марков, 1989).

В этих условиях, считает А. Кнize, (Kneese, 1986, 1988), совершенно по-новому должна оцениваться роль природных процессов в ходе развития общей экономики окружающей среды в условиях повсеместного нарушения экологического равновесия и растущего загрязнения. В этих работах на смену старых моделей должен прийти анализ типа «затраты — выгода».

#### Выделение геоэкосистем и «размытость» их границ.

Когда для исследования важны только количественные характеристики состояния окружающей среды, их измерение принципиальных трудностей не вызывает. Однако встречается множество ситуаций, где существенные признаки не имеют количественного выражения. Примером могут служить: характер расселения, его демографические особенности, привлекательность природно-климатических условий для жизни населения, степень приемлемости территории для рекреационных целей, социальные аспекты территории и т. п. При оперировании подобными признаками всегда неизбежны элементы субъективизма в оценке схожести или различия каких-либо участков.

Все эти признаки характеризуют особое состояние окружающей среды — ее «размытость» (концепция «размытости» географического пространства). Поэтому и признаки можно рассматривать как «размытые» (расплывчатые, нечеткие). Под «размытым» следует понимать признак, относительно которого нельзя провести четкой границы между объектами, обладающими этим признаком, и объектами, которым он не присущ. Формально это обстоятельство можно представить заданием размытых множеств объектов, обладающих или не обладающих данным признаком. А неформально имеем одну важнейшую особенность географического пространства — «размытость» существующих границ. Отсюда ясно, что чаще всего границы, проведенные по разным целевым установкам, не совпадают.

Отсюда и проблемы членения территории, так как вне зависимости от того, в какой форме представлены исходные величины, конечный результат районирования и проведения границ должен быть «неразмытым». Разработанная единая система методов автоматического районирования позволила представить процесс формирования районов в виде построения некоторой математико-географической модели, состоящей из этапов подготовки исходной информации, классификации и отнесения участков к «ядрам» районов. В основе лежит подход к классификации как разделению множества точек на непересекающиеся области. Существует и статистический подход к проведению и оценке значимости границ (Родионов, 1968). Это формальный подход к дифференциации территории и проведению границ. Гораздо менее определенным является неформальный подход, приводящий к необходимости выработки строгих концептуальных построений.

## Режим функционирования.

Чтобы достичь успехов на пути создания устойчивых образований, необходимо провести поиск инвариантных экологических ситуаций и ориентировать их на требуемый характер развития в соответствии с состоянием окружающей среды. *Функционирование* рассматривается как процесс сохранения существующей структуры посредством восстановления исходного состояния равновесия, а *развитие* — как вынужденный переход на новый более высокий качественный уровень. Однако при моделировании экоситуаций существует ряд особенностей.

Существует определенная взаимосвязь способа функционирования с характером структуры образований (геоэкосистем). Обобщая итоги пространственного анализа структур, пространственного взаимодействия и проблемы их интеграции, ряд авторов (Bennett, Haining, Wilson, 1985) выделяют два типа моделей: модели структуры и модели взаимодействия. *Модели структуры* описывают распределение изучаемых географических образований и их пространственные свойства, зависящие зачастую от специфических предположений о существовании связанных с ними потоков или взаимодействий. *Модели взаимодействия* в свою очередь описывают потоки вещества или энергии, вызванные заданным распределением соответствующих геообразований в пространстве. На уровне объединения моделей структуры и взаимодействия возникает третий шаг модели: «*размещение — взаимодействие*», где связующим служит именно взаимодействие первых двух классов моделей. В конечном счете, могут быть созданы «модели взаимного приспособления структуры и взаимодействия», реализующие базовое понятие — пространственный процесс. Этот процесс непосредственно связан и с формированием пространственных структур, и с образованием



типичных картин размещения, и с установлением пространственных взаимодействий.

Функционирование геоэкосистем должно происходить таким образом, чтобы воздействующие возмущения не перевели ее в область критических в фазовом пространстве. *Цель управления функционированием геоэкосистем* должна быть связана с процессами регулирования воспроизводства ресурсов и воздействия на определенные формы саморегуляции системы более высокого уровня. Однако в процессе функционирования структура геоэкосистем под влиянием ряда составляющих (социальных, технических, технологических и др.) сильно деформируется. В окружающей среде возникает эффект территориальной несовместимости (Масляк, 1987), состоящий в том, что территориальная близость некоторых производств резко увеличивает нежелательные изменения среды. Эта несовместимость может носить оттенки социальные, экономические, экологические и т.п. и, наконец, смешанные (комбинированные).

Работами в этой области необходимо интегрировать социально-экономическое развитие и поддерживать равновесие с окружающей средой путем тщательной оценки всех видов ресурсов с точки зрения возможностей развития, определения ограничивающих его экологических факторов, совмещения целей экономических и экологических с социальными реалиями (Geerling, Berman, Barozy, 1986).

### Проблема времени.

Временной аспект моделирования экоситуаций гораздо сложнее, ибо геоэкосистемы обладают различными временами — характерными («временем жизни»), релаксации, запаздывания и др.

*Характерное время* меняется в зависимости от изменения уровня геоэкосистем, их ранга, содержания (качественной определенности). Однако

оно все же служит инвариантной характеристикой для определенного их класса и масштаба. *Время релаксации* различно и сильно меняется в зависимости от компонентного состава. Чем сложнее система, тем больше у нее степеней свободы и менее, следовательно, предсказуемости поведения. Время релаксации также становится менее определенным. Наиболее же серьезный конфликт проявляется в случаях, когда элементы систем обладают различными, а тем более неопределенными временами релаксации. В этом случае в окружающей среде формируются системы хорошо, плохо или частично приспособленные к внешним воздействиям. Накладываясь совместно, эти времена обуславливают формирование образований, крайне неустойчивых по отношению к внешним воздействиям.

Для прогноза развития геоэкосистем очень важно определить, как долго та или иная система «помнит» свое прошлое состояние либо как быстро она «забывает» его. Очевидно, можно встретить в окружающей среде системы с широким спектром «памяти» — от сиюминутных до вековых.

В каждый взятый по отдельности период развития истории геопространства доминирует особый вид (тип, характер и т. п.) условий окружения. Он и определяет характер развития геоэкосистем, как бы «позволяя» развиваться тому или иному типу. Названные условия, обстоятельства могут быть отождествлены с устойчивыми экоситуациями.

Подобный характер развития систем определяет некоторое компромиссное состояние развития систем с окружающей обстановкой. Следствием такого состояния выступает пространственно-временная организация системы. Она может быть охарактеризована как инвариант по времени, однако не является беспредельно устойчивой и обладает определенным пороговым состоянием. За пределами этого состояния будущая реализация зависит от случайных воздействий, флуктуации, т.е.

разнообразных возникающих экоситуаций, и какая новая форма равновесия будет реализована, предсказать невозможно. Это показывает, насколько огромным может быть разнообразие возникающих форм проявления процессов при саморазвитии. Однако при подобном («бифуркационном» (Моисеев, 1987)) развитии системы, перейдя через критическое состояние порога, она уже совершенно не «помнит» своего прошлого состояния; направленность развития оказывается прерванной и приобретает иной характер. Последний же определяется характером развития той случайной экоситуации, с воздействия которой начинается стремление организации геоэкосистемы к ее новому (неопределенному) состоянию равновесия. Реализовать этот аспект исследования возможно только при учете комбинационного аспекта процессов саморазвития и целевой ориентации, составляющих единый направленный процесс развития.

«*Время жизни*» в свою очередь связано с эволюцией геоэкологических систем. Ю. Г. Липец (1984) показал, что при моделировании динамики геоэкосистем особое место занимают «последовательности состояний моделируемых сущностей, при условии, что используемая система количественных или качественных признаков позволяет провести сравнительно четкие различия (граничные условия) между этими состояниями». Для этого необходим детальный анализ историко-генетического качества процесса или явления.

Для соизмерения разнородных процессов целесообразно ввести свойственное системам собственное время развития, которое определяется имманентными законами эволюции и функционирования объекта данного класса. Являясь проявлением одного материального мира, все времена (релаксации, характерное, запаздывания, собственное и др. в иных масштабных измерениях) связаны между собой и образуют темпоральную структуру (Мауринь, 1984). Эта структура находит

свое отражение в устройстве структуры геоэкосистем, и, следовательно, можно говорить о временах, связанных с подсистемами геоэкосистем. Соответственно и понятия, так или иначе определяемые в рамках различных времен, такие, как устойчивость, кризисное состояние, флуктуации, инварианты, оказываются специфическими для каждого из времен, связанных как с подсистемами, так и с геоэкосистемой в целом. В связи с этим может оказаться, что, например, устойчивость для одной подсистемы противоречит устойчивости другой и т.д.

### Инвертизация экоситуаций и оценка состояния окружающей среды.

С учетом сказанного выше целесообразно создать на каждом уровне достаточную сеть избранных модельных типовых экоситуаций, различающихся по экологической специфике, экономическим возможностям и целевому назначению, с целью организации многолетнего стационарного комплекса эколого-экономико-демографического их изучения по единой программе. Это позволит решать социо-эколого-экономические проблемы на модельных экоситуациях и облегчит распространение полученного опыта на все аналогичные образования.

Одним из эффективных способов поиска «локальных неоднородностей» (экоситуаций; характерных или, наоборот, не характерных черт систем; аномальных характеристик и особенностей и др.) является путь пространственного анализа. В данном случае — статистический, основанный на предположении, что при массовом проявлении пробиваются определенные закономерности. Это явление хорошо картируется в виде «статистического рельефа» распространения признака (Тикунов, 1985; Червяков, 1978 и др.). Такой «рельеф» отражает множество факторов, сочетание которых различно изменяется от одной точки пространства к другой.

Однако и здесь можно найти устойчивые, инвариантные характеристики.

Контроль за состоянием окружающей среды и экоситуациями.

В этой связи в нашей стране возникло учение, связанное с *географической экспертизой*, задачи которой — оценка изменений природы и среды обитания человека, их последствий для расселения и хозяйства (Космачёв, 1981). Экспертиза превращается в важный вид исследований, имеющих прочную связь с практической реализацией результатов (Лаппо, 1987). Выполняя конструктивную роль, государственная экспертиза не ограничивается только оценкой качества представляемых материалов; она стимулирует также доработку, усиливает концептуальные основы и т. д., в результате чего значительно повышается научная обоснованность решений.

Следствием подобных разработок стало появление понятий *эколого-экономической экспертизы* (Говорушко, 1987), *экологической экспертизы региональных государственных проектов* (Звонкова, 1987), *эколого-экономической экспертизы крупных народнохозяйственных проектов* (Голуб, Колосницин, 1987) и др. Развертывание исследований в этой области стимулировало появление широкого класса *эколого-экономических моделей* (Botnarius, 1987). В их рамках были интегрированы многие дисциплинарные подходы. Развитие подобных «интегрированных моделей» стимулировалось комплексностью взаимодействий в *эколого-экономических структурах* и разнообразии пространственно-временных аспектов при их моделировании.

Таким образом, проблема моделирования экоситуаций должна решаться с позиции *эколого-географического мониторинга* как информационной системы, характеризующей состояние глобальных,

региональных и локальных изменений окружающей среды с выявлением основных тенденций развития.

### Модельный подход к экоситуациям.

Опыт математико-географического моделирования показывает, что наиболее трудно поддаются формализации именно экологические ситуации (Арманд, 1988). К построению содержательных (физических по сущности) моделей приводит только формализация на высоком концептуальном уровне.

Математико-географическое моделирование предполагает установление степени адекватности данных моделей действительности. Последние устанавливаются с позиции поставленной цели по необходимой степени точности или удовлетворения запросов практики. Если такой адекватности не получено, то либо неправильно поняты физические механизмы процесса или явления, и тогда модель ложна и даст неверный результат, либо правильно познанные физические механизмы ошибочно транспортированы на уровне формализации на язык математики. В этих случаях необходимо пересмотреть концептуальную модель. В принципе правильно понятые физические механизмы при осуществлении адекватного математического аппарата и логичном его использовании позволяют констатировать истинность содержательной концептуальной модели. При моделировании очень важны оценка исходной информации и калибровочные процедуры. Построение содержательных концептуальных и математико-географических моделей откроет путь к глобальному прогнозу эволюции окружающей среды.

*Типы моделей* различаются по критериям учета времени (стохастичность и динамичность) и характера протекания процессов (детерминированность и стохастичность) и др. Каждый из таких типов может характеризовать

наилучшим образом только определенный класс экоситуаций; впрочем, как и эксплуатации допускают их эффективное моделирование только с позиции определенных методов и моделей. Адекватность модели и объекта устанавливается с позиции концептуальных представлений (концептуальных моделей).

Развитие теории и практики моделирования географических систем привело к появлению *новых подходов*. Относительно природных систем это системный подход к геоморфологии (Кашменская, 1980) построение концептуальных моделей природных явлений (Тимофеев, Трофимов, 1983), морфодинамический анализ (Ласточкин, 1987), математико-географическое и геоситуационное моделирование (Трофимов, 1988), системное моделирование природных систем и др.

Относительно социально-экономических систем это (избранный перечень из работы Г. А. Гольца (1988): концепция интегрального экономического районирования территориально-производственных комплексов (Колосовский, 1931 и др.), энергопроизводственных циклов (Колосовский, 1947), опорного каркаса расселения (Лаппо, 1983 и др.) территориальной структуры, народного хозяйства (Четыркин, 1967 и др.) территориальной организации общества (Саушкин, 1973), ресурсных циклов (Комар, 1975 и др.).

Относительно ряда общих принципов и методологических направлений развития географических исследований (также перечень из работы Г. А. Гольца (1988) "концепция экономико-географического положения (Баранский, 1946; Майергойз, 1946 и др.), конструктивная география, метагеография (Гохман, Гуревич, Саушкин, 1967), проблемное страноведение (Гохман, Машбиц, 1976), геоситуационный подход (Трофимов, 1988), глобальный географический подход (Лавров, Сдасюк, 1980). Нам еще остается добавить системное

моделирование глобальных процессов Ю. Г. Липеца (1987).

Огромную роль в моделировании экоситуаций призваны сыграть автоматизированные средства. Поддержка геоситуационной (экоситуационной) и иных концепций управления окружающей средой может быть осуществлена средствами геоинформационных систем.

### Методические подходы к моделированию экоситуаций.

Качественные и количественные модели позволяют создавать как кратковременные, так и долгосрочные прогнозы развития и функционирования геоэкосистем и экоситуаций. При разработке моделей экоситуаций необходимо учитывать иерархический характер геоэкосистемы, плавность и динамичность экоситуаций, качественные экологические скачки при катастрофическом развитии событий.

Подходы к моделированию экоситуаций могут быть разделены на содержательные и формализованные. Первые приводят к концептуальным моделям широкого класса: от вербальных до формализованных (различного уровня); вторые — к моделям математико-географического толка разной модификации. Однако в экоситуационном моделировании существует и своя специфика, связанная главным образом с использованием моделей пространственной ориентации, базирующихся на методах и подходах пространственного анализа.

Одним из адекватных методов реализации моделей экосистем в пространственном (территориальном) аспекте можно считать разработанную в Казанском университете *Единую систему методов автоматического районирования и классификации* (ЕСМАРК). Она содержит ряд взаимосвязанных подходов, один из которых



специально разработан для пространственного моделирования экоситуаций (Трофимов, Рубцов, 1985). Наиболее полно данному направлению исследований отвечает так называемый ядерный принцип районирования. Суть его заключается в следующем. Предполагается, что в результате анализа исходной эколого-географической информации объекты исследования разделяются на группы. С учетом пространственной составляющей (а точнее, с учетом фактора граничности) в каждой группе образуется совокупность объектов, одинаковых по своим параметрам и компактно расположенных на территории. Это так называемое ядро или экологический образ. В данном случае под этими понятиями имеется в виду концентрированное выражение специфических свойств экологической ситуации. «Ядро» само по себе может иметь сложную компонентную и территориальную структуру и иногда представляет собой эколого-географический район (геоэкосистему). Чаше же требуется выполнение ряда процедур («расширение ядер», формальная, неформальная оценка и т. д.), чтобы окончательно сформировать это пространственное геообразование.

Данная процедура предполагает взаимоувязку следующих основных атрибутов: природно-социально-экономические условия → экологическая ситуация → экологический образ («ядро» района) → эколого-географический район. Данный подход позволяет в полной мере использовать теорию нечетких множеств и теорию принятия компромиссных решений.

Особенность этих алгоритмов заключается в том, что границы классов «верхних» шагов итерации с меньшим количеством классов представляют собой часть границ классов «нижних» шагов. Классы более низкого порядка полностью входят в классы более высоких порядков. Практика показывает, что условия фиксированности границ часто излишне жестки. Объективно существующие классы не всегда могут

входить полностью один в другой. В таких случаях улучшить качество членения, можно путем введения в итерационный процесс процедуры переноса операционно-территориальной единицы из класса в класс. При реализации этого приема происходит присоединение операционно-территориальной единицы к классу, ближайшему на данном шаге. Границы в этом случае становятся «плавающими» (Рубцов, Чиликин, 1985).

Смысл автоматического районирования с переносом операционно-территориальной единицы из класса в класс состоит в том, что при анализе матрицы «операционно-территориальная единица — номера классов» особое внимание к единицам своего класса меньше, чем другого класса. Единица с наибольшей разницей в этих показателях считается «неправильно» отнесенной к этому классу и поэтому присоединяется к другому. После этого пересчитываются значения мер сходства всех единиц с этими двумя классами и т. д.

Среди других существующих методов пространственной дифференциации (моделей пространственного положения экоситуаций) можно назвать Q-анализом как метод алгебраической топологии, описывающий алгебру отношений между множествами. Метод, сходный с Q-анализом (в плане выполнения группировки данных), однако новый по своему принципу, предложил С. М. Макгил (Macgill, 1985). Он состоит в последовательной графоаналитической группировке объектов, обладающих сходным набором признаков, однако приемы здесь иные, чем в Q-анализе. В дальнейшем был описан численный метод пространственной дифференциации географических данных (Margules, Faith, Belbin, 1985), включающих размещение как внешнее ограничение. При заданной матрице подобия или расстояний, рассчитанной на базе обычных внутренних переменных, разделение ведется обычно с ограничением, что только смежные объекты могут формировать группу. Метод позволяет

учесть внутригрупповую дифференциацию путем введения нового ограничения на смежность. В последнее время для целей районирования стало использоваться графическое моделирование — одно из новых направлений французской географии (Chery, 1988).

Ни один из существующих методов не позволяет дать оценку качества разбиения территории (пространственной модели экоситуаций). Таким методом, который может быть использован и как метод пространственного моделирования, и как метод оценки качества разбиения, служит *пространственная автокорреляция* (Griffith, 1984), позволяющая измерять взаимоотношения значений данных, связанных с их относительным взаимоположением. Коэффициент пространственной автокорреляции (индексы Морана и Джири) в самом общем виде позволяет описать степень влияния одной пространственной структуры на организацию соседней.

Как бы содержательным наполнением получаемых моделей районов логического толка служит *метод выделения существенных признаков* для получения региональных классификаций по экологическому синдрому районов (Каганский, Новиков, 1989). Цель его — получение для каждого полигона (района, участка и т. п.) такого взаимосвязанного набора признаков, по которым он обнаруживает наибольшие различия с другими элементами совокупности. Это — региональный экологический синдром (признаков).

Отбор признаков в региональный экологический синдром производится на основе сравнения таксономических расстояний для каждого элемента по отдельности. Значения таксономических расстояний, попавших в региональный экологический синдром признаков некоторых элементов, сильно различаются, так как отбор признаков происходит каждый раз в различных семантических координатах. Метод дает результаты,

сопоставимые с нахождением тренда и «зон риска», а также позволяет получить набор наиболее характерных элементов экологического характера на каждую операционно-территориальную единицу в виде «синдрома признаков», описывающих эту единицу уже по структуре набора.

Однако при определении трендов в размещении тех или иных явлений, выделении критических зон и «зон риска» чаще всего адекватным аппаратом пространственного моделирования служит не содержательный, а *статистический подход* (основанный, разумеется, на базе содержательных данных). Он, как было уже сказано, основан на предположении, что при массовом проявлении пробиваются определенные закономерности, картографически выражающиеся в виде «статистического рельефа» распределения признака (Тикунов, 1985 и др.).

Статистическая процедура пространственного сглаживания «рельефа» признаков позволяет путем снятия флуктуации и амплитуд частот различных колебаний выделить «фоновую поверхность» (тренд), отражающую характер пространственного проявления ведущего фактора. Разнице несовпадения исходного и выровненного «рельефа» дает остаточную поверхность (поверхность «отклика»), содержащую информацию о локальных особенностях развития территории (Миллер, Канн, 1965). Если выравнивание «рельефа» провести с помощью специального фильтра, изображающего тренд в виде критических значений распределенных в пространстве единиц, то полученная остаточная поверхность (со знаком плюс или минус в зависимости от ранее поставленной цели), дает нам пространственную модель зон «риска» в распределении экоситуаций.

Таким образом, пространственный подход приводит к построению специальных карт с выделением на изучаемой территории характерных и устойчивых либо нехарактерных и неустойчивых

особенностей в пространственном распространении экоситуаций. Все это позволяет установить тенденции развития с выделением модельных экоситуаций и экоситуаций, находящихся по отношению к модельным на разных стадиях развития.

Конечно, существует и множество математических моделей экоситуаций, описывающих те или иные ее стороны и особенности. Они используют разные подходы и методы, например, теорию катастроф, описывающую соответствие состояния системы с определенным набором переменных ее равновесному состоянию. Функция, связывающая набор переменных в равновесном состоянии, может иметь точки, в которых равновесие в системе исчезает или нарушается. После нарушения равновесия система эволюционирует по новым законам. Этот метод используется для моделирования резких сдвигов и для определения критических порогов при таком переходе.

Представляют несомненный интерес для моделирования экоситуаций методы, разработанные в рамках программ «Римского клуба» и представляющие глобальные модели, общенаучные методы и конкретные методики, к числу которых относятся системный подход, сценарный подход, формальные математические методы и кибернетические средства, метод системной динамики, методологии целостности, целевой метод и др.

Наиболее приемлем для моделирования сложных иерархических экоситуаций *сценарный подход*. Обычно сценарной обработке подвергается неформализуемая с помощью математических средств качественно-содержательная часть модели. Сценарная методика, представляющая будущее системы в виде последовательности возможных событий между моментами принятия решений, предполагает активное использование управляющих воздействий на ход развивающихся событий.

Содержательному синтезу отдельных разработок (моделей) качественного, количественного, содержательного, конкретного и иного характера способствует реляционное моделирование (Трофимов, Гнеденков, 1988). Наконец, моделирование экоситуаций возможно с помощью геоситуационного моделирования, основанного на принципиальных положениях реляционного подхода (Трофимов, Панасюк, Рубцов, Гнеденков, 1990). Смысл его в концептуальной части совпадает со сценарным подходом, однако методически он отличается своей целостностью. Дело в том, что все блоки подсистемы описываются табличной формой, а увязываются они двояко: концептуально по содержательным соображениям, а методически — с помощью специально разработанной алгебры таблиц.

#### Система поддержки концепций.

Важным направлением решения проблемы моделирования экоситуаций служит автоматизация (компьютеризация). К настоящему времени накоплен достаточный опыт разработки средств автоматизации для географо-экологического моделирования. Происходит переход от использования отдельных программ к сложным программным системам. К числу наиболее эффективных систем поддержки геоэкологических концепций относятся географические информационные системы (ГИС) и экспертные системы. Они позволяют проводить быструю оценку гипотез: вариантное моделирование с последующей неформальной оценкой результатов, выбор варианта модели и т. п. Это резко повышает эффективность моделирования.

ГИС в настоящее время разделяются на проблемно-ориентированные, характеризующиеся единством круга задач, и методоориентированные, которые характеризуются единством применяемых методик. В зависимости от того, явно или неявно

отражается географическое пространство в средствах ГИС, они образуют два класса — пространственные (с задней привязкой к координатам конкретных точек пространства) и непространственные (связь информации с пространством осуществляется как прямо, так и косвенным учетом пространственного расположения объектов; это обычно тематические информационные системы) (McLaughlin, Nicholas, 1987). С ориентацией на типы географического пространства в литературе встречаются понятия региональных и глобальных, а с ориентацией на географический объект — отраслевых и межотраслевых систем.

Наивысшая степень развития ГИС — интегративные (Jackson, Thomas, Stewart, 1985) способные получать оценки взаимодействия в системе «общество — природа» на глобальном уровне. Среди ГИС, основанных на общенаучных, общеметодических подходах, выделяются системы, предназначенные для: а) моделирования; б) управления; в) прогнозирования; г) мониторинга.

Собственно географические методы исследования, порожденные различными географическими концепциями, смыкаясь с поддерживающими их логико-математическими и математико-географическими методами, определяют широко известные классы ГИС: картографические; математико-картографические (Сербенюк, Тикунов и др., 1986); математико-географические информационные системы (Трофимов, Панасюк, 1984). Обобщение пространственно-временных представлений в концепции геоситуационного подхода и сопровождающих его логико-математических и математико-географических методов позволяет надеяться на дополнение приведенной иерархии еще двумя классами ГИС, реализующих наиболее общие подходы: геоситуационными, опирающимися на концепцию геоситуации, и полевыми, основанными на концепции единого географического поля.

Одна из версий подобных геоинформационных систем, ориентированная на решение сложных задач пространственно-временного взаимодействия, разработанного в Казанском университете (Трофимов, Гнеденков, 1988): это геоинформационная система моделирования окружающей среды (ГИС МОС). Она представляет собой систему методических, математических, программных технических и организационных решений и задач, направленных на повышение эффективной предметной профессиональной деятельности группы пользователей вычислительной системы, занимающихся наблюдением, анализом и синтезом сложного географического объекта с целью построения прогнозов или выработки рекомендаций для управленческих решений.

В проблеме соотношения между человеком и ЭВМ происходит расширение структуры самой системы путем включения новых компонентов, обеспечивающих определенный уровень «интеллекта» системы. Среди них в первую очередь следует назвать экспертные системы. Это сложные «интеллектуальные» программы для ЭВМ, в которых моделируются процессы приобретения новых знаний и логического вывода (Белозёрская, Каменский, 1989). Экспертную систему можно определить как «систему искусственного интеллекта, использующую знания из сравнительно узкой предметной области для решения возникающей в них задач, причем так, как это делал бы человек — эксперт, т. е. в процессе диалога с заинтересованным лицом, поставляющим необходимые сведения по конкретному вопросу» (Экспертные..., 1987; с. 5).

Экспертные системы имеют разную целевую и предметную ориентацию, в том числе в последнее время и географическую (Портянский, 1987). Исследователям, занимающимся автоматизацией географических исследований, а особенно моделированием геоэкологических ситуаций, помощь эксперта необходима чаще всего в нетривиальных случаях при



оценке факторов и явлений, выходящих за пределы его компетенции. Такие системы в географии в настоящее время используются главным образом в следующих четырех случаях: при картографировании, создании цифровых моделей местности, управлении базами данных ГИС, обосновании географически ориентированных решений (Robinson, Frank, 1987).

### **III. КАРТОГРАФИРОВАНИЕ ГЕОЭКОСИТУАЦИЙ КРИТИЧЕСКИХ ОБЛАСТЕЙ И ЗОН РИСКА.**

#### **Географический подход к теории катастроф.**

##### Общие положения.

Практически ежедневно поступают сообщения о различных крупномасштабных катастрофах в различных регионах Земли. Землетрясение 1970 г. в Перу (66 794 погибших), Тангшанское землетрясение 1976 г. в Китае (по различным оценкам, от 242 тыс. до 655 тыс. погибших), трагедия на Бхопальском химическом заводе в Индии (2600 погибших и 170 тыс. пострадавших), взрыв на Чернобыльской АЭС (количество пострадавших и материальный ущерб не поддаются учету), Спитакское землетрясение 1988 г. в Армении (26 тыс. жертв, и до сих пор не ликвидированы даже прямые последствия), землетрясение 2008 г. в Китае, катастрофическое цунами в декабре 2004 г. на юго-востоке Азии (более 170 тыс. погибших), землетрясение 2003 г. в Иране (погибло более 40 тыс. человек), более тысячи сгоревших в результате взрыва в зоне продуктопровода на железнодорожном перегоне Челябинск — Уфа (1989 г.), наводнения и ураганы, вызванные циклонами в Южной Азии, Америке и тайфунами в Атлантике, массовые пожары, ураганы и смерчи, падения самолетов на населенные пункты, аварии линий электропередач, систем водоснабжения, теплоснабжения — вот далеко не полный перечень наиболее значительных недавних катастроф мирного времени.

К этому следует добавить, что, по существующей оценке (Mitchel, 1989), только мелкомасштабные, локальные природные катастрофы, данные о которых плохо поддаются учету, приводят к более чем половине всех человеческих жертв, а приводимая в литературе

цифра, характеризующая общее число жертв катастроф за последние 20 лет (3,75 млн. человек), занижена примерно в 4 раза. Кроме того, природные катастрофы нарушают устойчивое развитие экономик целых государств. Достаточно вспомнить ураган «Катрина» в Новом Орлеане (США) в 2006 г., нанесший ущерб более 100 млрд.долл.; явление Эль-Ниньо в 90-х гг. XX в. на западном побережье Южной Америки и др., в результате которого экономики некоторых латиноамериканских государств были отброшены на годы назад.

Не менее разрушительны и «социальные катастрофы»: забастовки, массовые беспорядки, акции гражданского неповиновения, паника, приводящие к разрушению инфраструктур жизнеобеспечения и прямым человеческим жертвам. Тяжёлые последствия от стихийных бедствий, взрывов, пожаров, выбросов радиоактивных и отравляющих веществ усиливают и общую социально-политическую напряженность.

Невозможно говорить о единичности и некой абсолютной случайности катастрофических явлений. Катастрофы природных (например, землетрясения) и технических систем сами по себе являются нормальным элементом их эволюции и функционирования. Уникально только точное место, время и характер, а случайность их может быть воспринята лишь как сложнопричинность, затрудняющая точный прогноз места, времени и характера.

Сам факт возникновения катастроф, затрагивающих интересы общества, абсолютно закономерен и служит прямым следствием роста населения, прогресса техники и усложняющейся организационной структуры общества, насыщения народного хозяйства объектами повышенной опасности в зонах концентрации населения. В этом смысле будущее не сулит нам освобождения от катастрофических «исключений».

Наука не остается в стороне от изучения катастроф, разработки методов прогнозирования места, времени, масштабов, исследования их течения и возможных последствий. Известны результаты исследований по предсказанию землетрясений, вулканических извержений, ведомственные проекты по повышению надежности тех или иных технических сооружений, разработки в области пожарного дела, организации медицинских служб в условиях катастроф и т. д. Однако наиболее успешно и эффективно само направление и его географические приложения развиваются за рубежом. В качестве примера можно привести достижения школ исследователей катастроф, сложившихся в университетах штата Колорадо (США) и Восточной Англии (Великобритания).

У нас в стране в 1991 г. начата разработка государственной научно-технической программы «Безопасность населения и народнохозяйственных объектов с учетом риска возникновения природных и техногенных катастроф» (ГНТП «Безопасность»). С 1992 г. ряд проектов программы реализуется при ведущей роли специалистов Института географии РАН, а основные концептуальные подходы и практические результаты НИР изложены в соответствующих публикациях (Котляков, Борунов, Ключев, Пузаченко и др., 1992).

Однако в масштабах России, несмотря на определенное разнообразие работ по проблеме, наличие и применение теоретических разработок, в том числе математической теории катастроф, исследования зачастую носят разрозненный, узкоотраслевой характер. Не обеспечивается необходимая комплексность в изучении явлений, в которых и реализуется реальная катастрофа. Обозначим их более рельефно.

1. Исследования, связанные с прогнозированием времени, места и интенсивности катастрофы (например, землетрясения, извержения), имеют дело с крайне сложными причинно-следственными

связями. Тонкий, детальный анализ их затруднен и к настоящему времени не дает методик гарантированного прогноза. Однако даже в случае возможности такого прогноза катастрофу, как правило, не удастся предотвратить и необходимы исследования ее протекания, вероятных и реальных последствий.

2. «Ведомственные» исследования, характеризующие надежность технических сооружений и последствия их аварий, затрагивают в лучшем случае лишь непосредственные следствия аварий. Однако технические аварии служат лишь пусковым и начальным либо промежуточным звеном в цепочке катастроф, оказывающих широкомасштабные воздействия на территории и инфраструктурные системы. В связи с этим встает задача интегральной оценки территории с точки зрения проблемы катастроф.

3. Комплексность задач исследования катастроф требует применения средств анализа, ориентированных на изучение систем большой сложности, а практические требования влекут необходимость применения наиболее конструктивных средств и технологий. К сожалению, развитые к настоящему времени математические методы малопригодны для изучения объектов большой сложности. В частности, даже методы специальной теории катастроф основаны на описании объектов системами дифференциальных уравнений и уже тем самым имеют область применимости, ограниченную классом сравнительно простых, механических объектов или же крайне грубыми образами сложных. Компьютерное моделирование катастроф представляет собой конструктивное средство их исследования, приводящее к практически значимым результатам. Однако и здесь все еще не разработаны даже наиболее общие подходы, обеспечивающие комплексность исследования.

4. Анализ конкретных катастроф, показывает, что катастрофы имеют комплексный и

территориальный характер. Они представляют быстротекущий процесс в системе объектов, расположенных на конкретной территории и таким образом объективно составляющих предмет и физической, и социально-экономической географии (в целом географии) — природную среду обитания человека, размещения и функционирования производств, расселения населения, жизнеобеспечивающих структур, устойчивости систем управления и т.п. (в их системном взаимодействии).

В данной работе предлагается подход к концептуальному обоснованию математического и связанного с ним компьютерного моделирования катастрофы как комплексного, сложного географического явления. В основе этого подхода лежит представление о катастрофе как о динамическом процессе, порожденном взаимодействием динамически изменяющихся распределений вещества, энергии и информации по территории. Они в процессе своего взаимодействия приходят в такие состояния, после которых характер этих распределений резко изменяется, порождая ряд новых распределений — последствий катастроф.

В географии уже имеются достаточные теоретико-методологические разработки, обеспечивающие описание и отображение условий возникновения природных катастроф. Создана школа специального картографирования. Накоплен и практический опыт работы в условиях ликвидации последствий стихийных бедствий и аварий. Можно сказать, что концептуальные и методологические работы географов дают основу «ноу-хау» по синтезу представлений о сложных процессах и разработки критериев выделения территорий и объектов с повышенным риском возникновения чрезвычайных ситуаций, обусловленных проявлениями неблагоприятных и опасных процессов.

Ряд важных позиций для изучения катастроф в географическом аспекте изложен в теоретической

концепции эволюции проблем Э. Б. Алаева (1989). Он упоминает о проблемах, «нарастание остроты которых выражается в увеличении потерь общества - экономических, социальных, экологических и др., а устранение порождающих причин связано с определенными затратами общества — финансовыми, материальными, трудовыми и пр.» (с. 26). Это определение достаточно описывает наиболее значимые и часто встречающиеся в настоящее время ситуации в обществе — различного рода территориальные катастрофы, которые мы здесь и рассматриваем. В известной мере наше понимание близко к понятию «экологическая катастрофа», трактуемое как «скоротечное глубокое разрушение социально-экономических территориальных структур, вызванное естественными природными процессами или хозяйственной деятельностью».

В основе географических катастроф лежит триада: «гео(эко)—ситуация — гео(эко)образ — гео(эко)система». Характер перехода компонентов (один в другой) в ней достаточно подробно описан ранее (Калесник, Котляков, Селивёрстов, Солодухо, Торсуев, Трофимов, 1992), однако требует некоторых пояснений.

В основе гео(эко)системы рассматривается взаимодействие трех подсистем: природной, социально-демографической и экономической; при этом в качестве исходной целесообразно рассматривать и использовать синтезирующую — геоэкосистему (Макарова, 1996) «экологических отношений».

Под геоэкосистемой понимается особый класс сложных территориальных формирований, взаимодействующих подсистем, объединенных единством территории и целями развития, возникших в результате специфического взаимодействия природы и общества в конкретных географических условиях. Напряженность (диспропорция) во взаимосвязях социально-экономических и природных

составляющих формирует определенные эколого-экономические ситуации.

### **Теоретическое обоснование изучения катастроф.**

Провозглашенное в декабре 1987 г. Генеральной Ассамблеей ООН Международное десятилетие сокращения риска природных катастроф (начиная с 1990 г.) служит признанием роли исследователей в предотвращении трагедий (Whitman, 1988). Примерно в то же время (декабрь 1987 г.) в Париже в ходе международного симпозиума «Предотвращение технологического риска», организованного при содействии ЮНЕСКО Ассоциаций руководящих кадров промышленности, зародилась новая наука — геосиндика. Предметом ее изучения является риск для населения со стороны природы и пути его минимизации. Французские географы на своем первом коллоквиуме (ноябрь 1989 г.) отнесли возможность участия в разработке проблем природного риска к своей компетенции. На втором коллоквиуме (ноябрь 1990 г.) «Природный риск и общество» было решено активизировать деятельность географов в этой области. Речь идет о теоретической разработке концепции риска и ее применения для выяснения причин процессов и улучшения практики управления ими (Faugeres, 1991).

Основными трендами современных глобальных экологических измерений являются: потепление, трансгрессия океана, опустынивание, загрязнение. Они обязательно должны рассматриваться в тесной связи с учетом соответствующих неблагоприятных и опасных природных явлений и неблагоприятных социальных последствий.

Международное десятилетие, привлекая внимание к проблеме, активизируя обмен опытом и информацией, давая новый импульс исследованиям, в то же время обнаружило их разобщенность,



отсутствие некой единой методики исследования (что опять-таки способствует разобщенности синтеза результатов). Характерно и отсутствие концептуального обоснования, теоретической цельности в изложении интерпретации полученных результатов.

Введенный ранее (Трофимов, 1988) принцип окружающего соседства показывает, что теория катастроф связана с широким спектром взаимосвязанных аспектов природного и общественно-экономического развития в окружающей среде. Рассматривать их можно, в частности, на базе комплексного изучения этой среды в рамках геоситуационной концепции. В основе ее лежит аналитико-синтетический подход к реализации, глобальный учет обстоятельств, вызывающих особый характер взаимодействий в окружающей среде.

Устойчивая структура системы, в процессе функционирования характеризующаяся распределенной неоднородностью, в основе своей содержит исходную роль преобразователя структуры и вывода ее на иной качественный уровень. Следовательно, геоситуация несет в себе разрушительный заряд структуры, который может быть весьма значительным и приводить к катастрофическим всплескам.

Географические системы находятся в определенном соотношения с теми функциями, которые «задаются» внешней средой, — антропогенными воздействиями и влиянием окружающих процессов. Здесь уместно напомнить о роли общественных интересов. В их формировании помимо причин экономического характера существенная роль принадлежит мотивам, которые можно определить как нематериальные. Эти мотивы чаще всего проистекают из особенностей восприятия субъектом интересов своего положения в системе общественных отношений и принимают культурную, морально-этическую, национальную, экологическую

и иную окраску. Общественные интересы служат основным побудительным мотивом социальной и экономической деятельности и выступают как выражение отношения носителей интересов к условиям их положения и роли в общественных структурах.

Чем менее совпадают интересы и функции, тем выше напряженность складывающихся структур. Если эта напряженность ниже некоторого критического уровня, существующие структуры функционируют более или менее успешно и являют собой некий компромисс между носителями противоречивых интересов. Однако, когда уровень напряженности достигает критических значений и прежний компромисс становится неприемлемым, происходит смена одних структур другими. Если эта смена структур принимает характер слишком быстрого и неуправляемого разрушения прежних структур (в терминах теорий термостатики и термодинамики — фазовый переход), при котором интересы отдельных индивидов и групп населения могут пострадать сколь угодно сильно (именно из-за неуправляемости процесса), то этот процесс можно, на наш взгляд, квалифицировать как катастрофу. За ней последует тот или иной продолжительный период «хаоса», в течение которого носители интересов должны будут сориентироваться в новой для них обстановке и наладить между собой новые взаимоотношения.

Этому сценарию можно противопоставить другой, если предположить, что организован постоянный контроль уровня напряженности и анализ причин ее динамики, например, на основе механизмов концепции глобальной оптимизации (Быков, 1992). Это позволило бы разрабатывать и реализовывать превентивные меры, направленные на предотвращение излишне резкого и быстрого роста напряженности и связанного с ним неуправляемого разрушения существующих структур. Поддержание разумного динамического компромисса, при котором

уровень напряженности будет ниже критического, является, на наш взгляд, единственно возможным способом предотвращения катастроф в приведенном ранее смысле.

Катастрофа происходит при достижении критического порога напряженности структур, причем каждая структура, даже самая благополучная и устойчивая, несет в себе «зародыш» катастрофы, так как представляет собой результат компромисса между несовпадающими интересами. Она обладает определенным, но всегда ненулевым уровнем напряженности, могущим по тем или иным причинам достигнуть критических значений. Рост напряженности может происходить с разной скоростью, но всегда в течение некоторого периода, что дает основание говорить о существовании кризисных ситуаций, которые можно рассматривать в качестве «размытых» временных границ между катастрофами и «не катастрофами».

Причина роста напряженности структуры заключается в трансформациях интересов и функций, в результате которых расхождения между ними усиливаются. Следовательно, катастрофа может иметь как внутреннее происхождение (когда имеет место трансформация имманентных интересов), так и внешнее (когда происходит изменение и перераспределение функций, т. е. интересов более высокого уровня иерархии систем). Можно, очевидно, представить и смешанный вариант этимологии катастроф.

Трактовка катастрофы как результата напряженности структуры позволяет ставить вопрос о специфических географических аспектах катастроф. В каждой точке географического пространства складываются определенные взаимоотношения между территориальными, отраслевыми и координирующими интересами, формирующие структуру географической системы. Поскольку в разных точках геопространства эти взаимоотношения имеют в общем случае различный

характер, то формируется своеобразное поле напряженности, имеющее пространственный рисунок. Это поле напряженности динамично и изменяется, как было отмечено, под влиянием трансформации интересов. Концентрация напряженности на некоторых участках этого поля создает предпосылки для возникновения пространственно локализованных кризисных ситуаций, а затем и катастроф. В то же время нет никаких оснований считать границы этих участков четко обозначенными — в общем случае размыты и пространственные границы катастроф.

Напряженность структуры отражает факт конфликтности ситуации. Следовательно, для измерения уровня напряженности необходимо найти меру различия интересов сторон, участвующих в конфликте. Одной из наиболее удобных форм описания интересов служит отношение предпочтения (упорядочения), заданное либо на множестве возможных альтернативных состояний структуры, либо на множестве носителей интересов. Располагая такими отношениями предположения, меры их различия можно разработать, вообще говоря, без особых затруднений. Значительно более сложным представляется вопрос о получении первичной информации, на основе которой можно было бы составить упомянутые упорядочения. По-видимому, здесь придется прибегать к материалам специального мониторинга, социологических исследований и экспертных оценок, а также к косвенным оценкам на основе других источников (Хузеев, 1987).

Обобщая сказанное, можно сформировать подобие логического дерева, отражающего возможные варианты развития географической ситуации.



Логическая схема определяет и перечень задач, связанных с изучением географических катастроф: разработка понятийного аппарата, способов выявления и описания интересов и оценки уровня напряженности в ее географическом выражении, принципов и методов формирования разумных компромиссов с целью предотвращения катастроф, способов оценивания возможных последствий катастроф и мер по их смягчению в случаях, когда катастрофа по тем или иным причинам не может быть предотвращена, что является типичной ситуацией.

Реакция взаимодействия проявляющихся имманентных интересов геосистем с окружающими обстоятельствами и иными факторами воздействия приводит к обстоятельствам, в связи с которыми можно говорить о сложном сочетании саморазвития и «вынужденного» развития географических систем. Влияние окружающей среды и процесс имманентного развития порождают цепь конфликтных ситуаций,

требующих своего разрешения в том или ином смысле. Если этого разрешения не происходит, постоянное интегрированное накопление «остаточных деформаций» приводит к катастрофическим ситуациям. При этом, если подобная ситуация возникает, катастрофа так или иначе произойдет. Вмешательство управленческого характера может повлиять только на сроки ее проявления, интенсивность либо масштаб последствий. Отсюда следует, что катастрофу целесообразно предвосхитить.

При описании состояния окружающей среды часто возникают трудности с оценками распределения однородных и неоднородных образований, устойчивых и неустойчивых состояний, качественных различий процессов, явлений и объектов, проведения границ любых масштабов и иерархических уровней, а также пространственных и временных структур. При оперировании подобными признаками часто приходится сталкиваться с той трудностью, что нет четких границ между классами объектов и явлений и отнесение объекта к тому или иному классу явно затруднено. Все это характеризует особое состояние географического пространства — времени — его размытость. Именно в таких условиях происходит формирование структуры окружающей среды.

В свою очередь она тесно связана с процессами ее функционирования и развития. При этом механизм функционирования по своей сути есть движение в пределах одного качественного уровня. Оно может быть описано сменой состояний системы, причем так, что каждое последующее состояние непосредственно предопределено предыдущим и укладывается в рамки логики данного уровня. Развитие же представляет такую смену состояний, в основе которой лежит невозможность сохранения существующих способов функционирования. Система как бы оказывается вынужденной переходить на иной — новый качественный уровень. Условием такого перехода

служит изменение способа функционирования в пределах существующей структуры.

Устойчивая структура системы, в процессе функционирования характеризующаяся распределенной неоднородностью, в основе своей содержит локальные неоднородности — очаги зарождения новых преобразований, структур (*геоситуации*). Им и принадлежит исходная роль преобразователя структуры и вывода ее на иной качественный уровень.

Следовательно, геоситуационный подход позволяет уловить начальные фазы назревших изменений (кризисных, даже предкризисных состояний) в геосистеме и таким образом сделать более доступным и действенным управление ее развитием. В нежелательную геоситуацию легче внести нужную коррекцию, чем воздействовать на изменившуюся географическую систему, в которой произошли необратимые (структурные и качественные) преобразования. Легче производить профилактические мероприятия, чем проводить огромные затраты после необратимых катастрофических изменений.

В условиях размытости географического пространства-времени изменения состояний могут быть разными и трудно определить, какие из них для данных условий являются «нормальными», а какие превосходят эти нормы, перерождаясь в катастрофические. Степень «катастрофичности» определяется характером влияния этих изменений на окружающие системы. В этом процессе важно и то, как и каким образом меняется качественное соотношение компонентов в процессе перехода через те или иные заданные рубежи.

Геоситуации представляют собой следствие движения (в самом широком смысле слова), в то же время и движение есть следствие складывающихся ситуаций. Однако именно геоситуации дают начало смене состояний во времени и пространстве, т. е. задают траектории движения. Попадания этих

траекторий в особые точки пространства - времени знаменуют собой события. Другими словами, в фазовом (или признаковом) пространстве имеются определенные точки, попадание траекторий в которые обеспечивает возникновение тех или иных событий. Таким образом, событие — это реализация ряда определенных состояний в узлах и точках пространства. В упрощенном варианте подобное функционирование системы можно охарактеризовать следующим образом: ситуация → состояние → событие.

Состояние управляемых систем может быть определено как оптимальное, критическое и (или) катастрофическое (Widacki, 1986). Различаются они скоростью и масштабом изменений.

*Оптимальное состояние — наилучшее в данный момент, обеспечивающее устойчивое постоянное развитие без нарушений. Кризис — состояние, которое представляет собой отклонение, вызванное нарушающим действием внутренних и (или) внешних факторов. Процесс отклонения может происходить медленно и плавно. Катастрофа — бурное изменение структуры системы под воздействием внешних сил. Различают в окружающей среде пороговые и точечные катастрофы. Пороговая катастрофа есть прямое следствие кризиса. Она начинается тогда, когда пороговый объем влияний извне вместе с информацией из памяти превышает регулирующие способности системы. Точечная катастрофа вызывается неожиданным и сильным воздействием внешнего импульса. Предшествующее состояние системы при этом несущественно. Период адаптации (релаксации) системы после катастрофы также называется кризисом.*

В связи со сказанным выше важен предлагаемый нами принцип реализуемости напряженных (критических) состояний, согласно которому для реализации заданного предельного состояния напряженности компонентов геосистемы катастрофа так или иначе должна произойти. Другое



дело, в какой форме это допускается и протекает. Следовательно, управленческий аспект изучения катастроф должен сводиться, во-первых, к предупреждению (т. е. принятию мер) кризисных ситуаций и, во-вторых, к «растягиванию» во времени реализации цепочки состояний «кризис — катастрофа — кризис».

В развитии подобных событий существенно географическое (территориальное) положение составных компонентов. В зависимости от их расположения меняются качества, имманентные свойства, состояния элементов, а благодаря наличию связей между ними в конечном счете и структуры систем в целом (Котляков, Трофимов, Хузеев, Борунов, Гнеденков, Селиверстов, 1993).

### **Средства реализации концептуальных позиций.**

Средством реализации изложенных представлений выступают географические информационные системы (ГИС). Они позволяют на единой технологической основе выполнять операции по разработке принципов взаимодействия и интеграции пространственных информационных потоков, опираясь на сложившиеся и/или вырабатываемые географией формы обращения с пространственной информацией. Это создает реальную методологическую основу для усиления влияния географии на другие научные направления в целом и для применения достижений географии в практике.

Так, в научно-исследовательском центре «География риска и катастроф» Института географии РАН при участии специалистов нескольких академических и производственных организаций развивается концепция и практически реализуется специализированная ГИС, получившая название ГИС—РСЧС (геоинформационная система российской системы чрезвычайных ситуаций)

(Котляков, Борунов, Пузаченко, Кошкарёв, Фринденберг и др., 1992).

Функциональные задачи для ГИС—РСЧС разрабатываются на основе определения функциональных задач системы управления катастрофическими (чрезвычайными) ситуациями, которая объективно строится по следующим критериям: 1) уровням риска; 2) пространственным масштабам риска; 3) уровню многосвязности территорий (объектов) с внешними условиями; 4) уровню инженерно-технических, материальных и интеллектуальных затрат; 5) возможности концентрации необходимых ресурсов в определенной точке пространства в локальный интервал времени.

Из первого критерия следует, что верхнему уровню управления подчиняются территории (объекты) с наиболее высоким уровнем риска и связанным с ним возможным ущербом. То же справедливо и для второго критерия. Если в ходе реализации катастрофы (или на стадии разработки ее возможного сценария) затрагиваются очень многие компоненты системы экологических отношений, то даже при относительно небольшом прямом ущербе объект должен подчиняться верхнему уровню управления. Чрезвычайные ситуации такого типа при реализации приводят к глубоким, трудно оцениваемым в текущий момент времени, отдаленным последствиям. Если катастрофа локальна, с позиций остальных критериев не принадлежит верхнему уровню, но для своей ликвидации требует концентрации в короткий момент времени очень значительных средств, существенно превышающих возможности нижнего уровня управления, то такие ситуации также контролируются верхним уровнем. Определение принадлежности объекта к соответствующему уровню управления — одна из задач экспертной подсистемы ГИС.

Орган управления (регулирования) включает два крупных функциональных блока — информационный

и ресурсный. Первый обеспечивает сбор, передачу, хранение, обработку, преобразование и представление информации для принятия решений по выбору оптимального регулирующего воздействия для конкретной ситуации. Второй блок содержит материально-технические средства и людские ресурсы, обеспечивающие реализацию регулирующих воздействий для множества возможных ситуаций.

В принципе система управления характеризуется очень высокой сложностью, возможности ее жесткого проектирования ограничены. Более того, попытка такого проектирования может привести к значительным потерям общей эффективности. Но при этом в каждой частной подсистеме должны быть заложены условия для самоорганизации ее в целое.

Действующие схемы управления, как правило, опираются на три иерархических уровня — федеральный, региональный, локальный. На всех уровнях управления решаются задачи стратегического, тактического и оперативного плана, каждая из которых требует своего информационного обеспечения. Поэтому важной проблемой служит определение и согласование типовых задач, раскрывающих аналитические возможности ГИС при оценке вероятности катастроф и принятии превентивных решений по их предупреждению и ликвидации последствий с дифференциацией на задачи стратегического, тактического и оперативного управления.

Задача стратегии заключается в адекватном выделении ресурсов в соответствии с уровнем риска и текущим состоянием объекта управления. Задача тактики — это слежение за относительно медленно изменяющимися переменными рассматриваемой системы в целях своевременного принятия адекватных действий. Оперативные задачи требуют понимания реакции на катастрофу явлений, строго не локализуемых в пространстве и времени и потому в

принципе непредсказуемых. Здесь в лучшем случае может быть предсказана лишь наиболее вероятная зона катастрофы и выделены участки, на которых локальные катастрофы могут повлечь за собой большой ущерб.

Органы и лица, принимающие решения, должны иметь возможность, последовательно решать все перечисленные задачи. Однако эффективно работать ГИС могут только на базе разработанных моделей. Поэтому весьма важен этап моделирования. Модельно-экспертные возможности ГИС зависят от наличия в их средствах рабочих базовых аналитических операций, выстраиваемых в технологическую цепь с целью реализации моделей различных функций, а также специализированного программного обеспечения, разрабатываемого под конкретные задачи.

Основная задача этапа моделирования — создание моделей, позволяющих прогнозировать динамику развития и последствий опасных ситуаций и катастроф, быть реализована только с помощью разработки адекватной методики. Однако универсальной по отношению ко всем видам катастроф и географическим типам территории она быть не может.

Идеи и аппарат математической теории катастроф (теории бифуркаций критических точек функций), вероятно, окажутся малопригодными для анализа прежде всего социально-общественных территориальных катастроф. Математическая теория катастроф базируется преимущественно на теории дифференциальных уравнений, в то время как специфика общественных процессов диктует принципиально иные подходы.

Методологической (а также и методической) базой географической (в широком смысле слова) теории катастроф могла бы послужить (возможно, в качестве отправной точки) теория принятия компромиссных решений в географии.

В качестве средства прогнозирования течения и последствий географических катастроф также предлагается реляционное моделирование территориальных процессов. Его результатом служат компьютерные модели взаимодействия разделений вещества и энергии по территории, порождающие катастрофу, и модели распределений по территории картографически представленных последствий катастроф. Модель образуется совокупностью динамически изменяемых таблиц данных, характеризующих рельеф территории, подстилающую поверхность, антропогенный ландшафт, распределение взрывоопасных, пожароопасных и токсичных производств, распределение зданий и сооружений, распределение населения по территории, дорог, линий электропередач, продуктопроводов и т.п. Перечисленные таблицы дополняются таблицами характеристик различных процессов распространения катастрофических воздействий: ударных волн, потоков отравляющих веществ и газов и порожденных ими волн разрушений, травм и иных последствий. Изменения таблиц выполняются соответствующими обобщенными процедурами переработки таблиц распределений, имитирующими законы распространения и взаимодействия распределений по территории.

Для анализа катастроф важен картографический аспект (поиск критических областей, зон «риска» и т.п.), более точно — пространственное моделирование. В его основу может быть положена разработанная в Казанском университете Единая система методов автоматического районирования и классификации (ЕСМАРК). Одной из версий специальных ГИС, ориентированных на решение сложных задач пространственно-временного взаимодействия, как было показано выше, служит геоинформационная система моделирования окружающей среды (ГИС МОС) (Трофимов, Гнеденков, 1990).

### 3.2. Чрезвычайные экологические ситуации.

Обеспечение безопасности населения от всех процессов, представляющих для него угрозу, давно является одной из острейших проблем человечества. Двигаясь по пути прогресса, ему удавалось преодолевать старые опасности и приходилось создавать новые, обусловленные совершенствованием промышленного производства, усложнением социальной структуры и усилением воздействия на окружающую среду. В связи с этим менялись приоритеты опасностей. Постепенно угроза крупномасштабных технологических аварий и социальных катастроф стала в общественном мнении превосходить по значимости опасность стихийных бедствий. С другой стороны в последние десятилетия ученые наблюдают увеличение количества стихийных бедствий и рост ущерба от них (Берц 1991, Осипов 1995).

Многочисленные стихийные бедствия, техногенные аварии и социальные, катастрофы, возникающие на территории и представляющие угрозу устойчивому состоянию территориальных систем, привели к необходимости исследования сложных процессов, именуемых территориальными катастрофами.

*Территориальной катастрофой, согласно существующему определению (Котляков, Трофимов, Хузеев, Гнеденков, 1993), является результат взаимодействия динамически изменяющихся распределений вещества, энергии и информации по территории, которые в процессе своего взаимодействия приходят в такое состояние, после которого распределение резко изменяется, порождая ряд новых распределений последствий катастроф.*

Понятие территориальная катастрофа подразумевает невозможность возврата к утраченному состоянию устойчивости. Отличительной особенностью таких процессов является их исключительная редкость (например, уничтожающие стихийные бедствия). В связи с этим,

большая часть опасных явлений не может быть отнесена к территориальным катастрофам в силу своей локальности. При этом суммарный ущерб от таких явлений может достигать значительных размеров. Понятие чрезвычайной ситуации (ЧС) позволяет охарактеризовать любое опасное явление, вне зависимости от его масштаба и масштаба его последствий.

Наиболее полное определение ЧС дал Б. Н. Порфирьев (1991). Согласно этому определению под чрезвычайной ситуацией понимается: «Внешне неожиданная, внезапно возникающая обстановка, характеризующаяся неопределенностью, остроконфликтностью, стрессовым состоянием населения, значительным социально-экологическим и экономическим ущербом, прежде всего человеческими жертвами, необходимостью быстрого реагирования (принятия решений), крупными людскими, материальными и временными затратами на проведение эвакуационно-спасательных работ, сокращение масштабов и ликвидацию многообразных, негативных последствий». Данное определение позволяет квалифицировать любое событие относительно его принадлежности к ЧС. Однако оно отождествляет ЧС с некоторым свершившимся событием. В этом случае управляющие воздействия способны только снизить уровень ущерба и ликвидировать последствия. Акцентирование внимания на последствиях (ущерб, восстановительные мероприятия и т.д.) сильно снижает область использования понятия, скрывая причины.

Определение ЧС носит сильный отпечаток антропоцентризма, т.е. субъективного человеческого восприятия. Ситуация определяется, как чрезвычайная с момента ее обнаружения (т.е. осознания опасности, которую она представляет). Однако это не значит, что данный момент является стартовой точкой для возникновения ситуации. Наиболее ярко это может быть проиллюстрировано

на примере процесса аварии, описанного В.А. Легасовым(1990). Процесс протекает в три фазы. Первая фаза - накопление дефектов. Вторая представляет собой некоторое редкое инициирующее событие. Третья - это непосредственно авария (т.е. фаза, характеризующаяся образованием ущерба). Не редко инициирующее событие воспринимается, как причина. В данном случае необходимо различать причину опасного явления (землетрясение, авария и т.д.) и причину возникновения ЧС. Нередко они бывают различны.

В связи с отсутствием единого общепринятого определения ЧС, целесообразно использовать понятие территориальной ЧС (по аналогии с территориальными катастрофами). Подобное частное определение характеризует состояние территории на трех основных стадиях развития процесса (стадия роста напряженности, инициирующее событие, стадия распределения последствий). Основными свойствами территориальной ЧС являются: необходимость наличия опасности для населения, уникальность каждой отдельной ситуации, проникновение во все подсистемы комплексной эколого-экономической системы.

ЧС может определяться через понятие устойчивости - как состояние территории, при котором она находится на грани возможностей самоподдержания и может быть выведена из области устойчивости даже в результате, относительно небольших внешних возмущений (Борунов, Пузаченко, Сорокин, Акимова, Кулешова, 1992). Устойчивость в этом случае может пониматься как устойчивость геосистемы - «Способность при внешнем воздействии пребывать в одном из своих состояний и возвращаться в него вследствие пластичности в пределах одного качественного уровня» (Трофимов, Котляков, Селиверстов, Хузеев, 1996). В качестве инварианта в данном случае используется состояние системы.



В настоящий момент не существует единой классификации ЧС. В отличие от катастроф, которые можно достаточно четко разделить, согласно природе явления, на природные, техногенные и социальные, - ЧС нередко содержат в себе все три этих класса. Подразделение ЧС на эти классы, возможно только согласно природе возникновения инициирующего события или природе конфликта в системе (т.е. в какой из подсистем КЭЭС в результате несовпадения внутренних или внешних интересов возникли условия для начала неконтролируемого роста напряжения). Согласно этому можно выделить следующие классы территориальных ЧС для уровня субъекта РФ (область, республика):

1. Природно-техногенно-социальная ЧС - ситуация вызванная некоторым редким опасным природным явлением. Поражающий эффект усиливается за счет возникновения аварий на промышленных объектах и системах жизнеобеспечения (электроэнергия, теплоснабжение, водоснабжение, связь). Последствия характеризуются значительным материальным ущербом и человеческими жертвами. Причиной крупного ущерба могут являться, как уникальная сила явления (Например: землетрясение выше 9 баллов), так и ошибки в проектировании, неправильные и несвоевременные действия местных властей, неподготовленность населения к действиям в условиях ЧС.

2. Техногенно-природно-социальная ЧС – ситуация, вызванная крупномасштабной аварией на промышленном предприятии, характеризующаяся распространением последствий за пределы его территории. Последствия заключаются в нанесении серьезного ущерба окружающей среде и здоровью населения. Причины аналогичны, указанным для класса 1. Кроме этого, причиной могут являться умышленные действия, направленные на создание аварийной ситуации (Например: во время военных действий).

3. Социально-природная ЧС – ситуация, вызванная ростом отрицательного воздействия общества на природную среду. Например, неконтролируемый рост населения; загрязнение территории технологическим и бытовым мусором; увеличением эксплуатации природных ресурсов и т.д. Результатом может явиться ухудшение здоровья населения, проблемы с обеспечением продовольствием и водой, возникновение опасных природных явлений, прежде не характерных для данных районов (пыльные бури, наведенная сейсмичность).

4. Природно-социальная ЧС - ситуация аналогичная природно-техногенно-социальной, но в силу специфики опасного природного явления не наносящая ущерба объектам техносферы (например, эпидемии различных заболеваний).

5. Социально-техногенная ЧС – ситуация, вызванная отрицательным влиянием состояния общества на безопасность эксплуатации промышленных объектов. Подобное влияние может быть обусловлено, как стрессовым состоянием населения, так и сложностью технологического процесса и отсутствием на территории квалифицированного персонала. И то и другое способно спровоцировать техногенную аварию, вызванную «человеческим фактором».

6. Техногенно-социальная ЧС - ситуация аналогичная техногенно-природно-социальной. Без нанесения серьезного ущерба природной среде она характеризуется значительным социальным ущербом: человеческие жертвы, разрушение жилищ, разрушение градообразующих предприятий и т.д.

7. Социальная ЧС – ситуация, характеризующаяся противоречиями и конфликтами внутри общества, выражающимися в общественно опасных явлениях.

*ЧС можно классифицировать относительно масштаба последствий.* В качестве масштаба ситуации может выступать: величина ущерба,

количество пострадавших, площадь поражения. Сравнение показателей величины ущерба и силы явления позволяет сделать выводы об устойчивости территории. Величина ущерба и количество пострадавших определяют тяжесть ЧС. Соответственно она может изменяться от ЧС малой тяжести до катастрофических ЧС (Мягков, Козлов, 1993).

*В зависимости от площади поражения можно выделить:* глобальные, региональные, национальные, местные и локальные ЧС. При этом не оценивается тяжесть явления. При малой площади поражения ЧС нередко может квалифицироваться как тяжкая (особенно если она сопряжена с человеческими жертвами). С другой стороны, значительная часть метеорологических стихийных бедствий охватывает большие территории, приводя к ущербу, но не вызывая гибели населения. Отдельно необходимо отметить ЧС в городах. Сосредоточение большого количества населения на ограниченной территории вместе с промышленными объектами различного масштаба в несколько раз увеличивает опасность возникновения ЧС. Кроме того, города являются основой для возникновения различных социальных бедствий.

Для целей регионального и местного управления является необходимым определение региональных различий в риске возникновения ЧС и выявление зон нестабильности и районов максимального риска. Риск при этом определяется как количественная мера опасности. Оценка территории на предмет определения риска возникновения ЧС должна основываться на исследовании явлений, характерных для данной территории и на определении потенциально возможных явлений, ранее на территории не наблюдавшихся.

Картографирование ЧС представляет сложный многоступенчатый процесс. Большое количество показателей и сложность их взаимодействия не позволяют объединить всю имеющуюся информацию

в пределах одного изображения вне использования синтетических показателей. Фактически результатом является набор многослойных электронных карт каждая, из которых определяет одно из направлений угрозы (например, карты опасностей атмосферных явлений, карты аварийности на транспорте и т.д.). На подобных картах, кроме исходной информации (транспортная сеть, рельеф, гидрография и т.д.) должны присутствовать результаты моделирования в виде полей распределения показателя риска и зон с экстремальными показателями. Результирующие карты должны представлять распределение интегральных показателей, определяющих подверженность территории поражению всеми видами опасных явлений, учтенных при моделировании. Этот показатель может представлять собой как балльную оценку, так и статистическую вероятность.

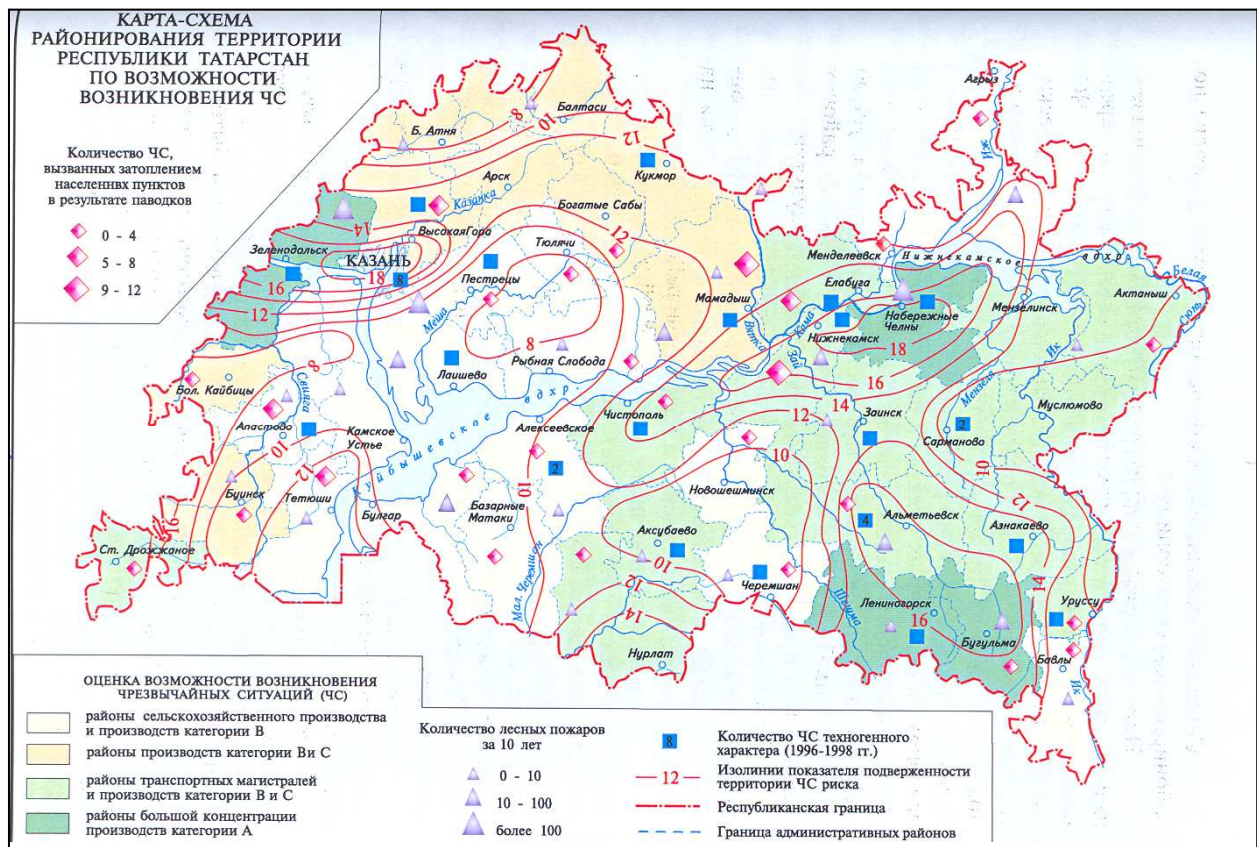
Исходя из изложенных выше подходов к определению территориальных ЧС, в качестве иллюстрации, было проведено исследование территории РТ относительно возможности их возникновения на данной территории. Поскольку опасные явления квалифицируются как крайне редкие, было решено провести общую оценку территории, исходя из ее природных особенностей и распределения населения и промышленности. Результатом исследования стали две картосхемы, характеризующие республику в этой плоскости (Трофимов, Литовка, Шанталинский, 2002).

Первая картосхема (рис. 1) представляет собой поле распределения показателя, который может восприниматься как балльная оценка, характеризующая опасность для населения на данной территории. Показатель представляет собой взвешенную сумму различных характеристик, взаимовлияние которых определяется матрицей весовых коэффициентов. При отборе характеристик во многом использовались показатели, применявшиеся для оценки мест размещения

объектов по уничтожению химического оружия (Евстафьев и др., 1990) и размещения объектов ядерной энергетики (Клюев, 1993).

Величина показателя изменяется от 6 до 18. Выделяются две зоны максимума: это Казанско-Зеленодольский промышленный узел и Нижнекамский ТПК. Третья зона охватывает территорию четырех районов на Юго-Востоке. Все три зоны характеризуются высокой концентрацией населения (8 из 11 городов республиканского подчинения) и потенциально опасных производств, в т.ч. большая часть пожаро-взрывоопасных производств категории **A** (предприятия химической и нефтехимической промышленности, энергетики, склады ГСМ). Кроме этого, в населенных пунктах размещено значительное количество производств категорий **B** (элеваторы, хлебозаводы, предприятия легкой и пищевой промышленности) и **B** (предприятия деревообрабатывающей промышленности). Зона возможного поражения для этих объектов составляет 10 км для пожаро-взрывоопасных и 15 км для химически опасных.

Остальная территория разделена на зону высокой концентрации предприятий транспортного комплекса (железнодорожный и трубопроводный транспорт) и пищевой промышленности - линия Высокая Гора - Арск - Агрыз; зону производств категорий **B** и **C** - Тетюши - Буинск и зону сельскохозяйственного производства.



Согласно выделенным зонам на второй картосхеме представлено районирование территории РТ.

При исследовании территории РТ относительно ее подверженности ЧС можно выделить некоторые особенности при среднем равномерном распределении отдельных фактических ЧС. Природные стихии представлены в основном, метеорологическими стихийными бедствиями (метели, град, шквалы). Как правило, подобные явления (например, метели) охватывают достаточно большую часть территории республики, однако ущерб возникает в основном в населенных пунктах и на линиях коммуникаций. При этом устойчивость систем жизнеобеспечения городов выше, чем населенных пунктов сельской местности. Таким образом, ущерб от стихийных бедствий в основном возникает в сельских районах и связан, как правило, с гибелью сельскохозяйственных культур.

Затопления населенных пунктов в республике связаны с паводком. На второй картосхеме (рис 2) показано количество ЧС, вызванных затоплением населенных пунктов. Максимум приходится на Мамадышский, Нижнекамский и Елабужский районы.

Среднее месячное число дней с высокой пожарной опасностью (горимость 3-5 классов) на территории России (май-сентябрь) составляет около 12. При этом наблюдаются в основном низовые пожары. В среднем количество лесных пожаров по республике не велико, но оно сильно возрастает в крупных лесных массивах, приближенных к городам (Волжско-Камский заповедник, национальный парк «Нижняя Кама», территории Пригородного и Елабужского лесхозов).

Кроме этого, на территории республики наблюдаются карстовые и оползневые явления. Сейсмичность территории республики составляет 5-6 баллов.

Техногенные ЧС на территории республики носят локальный характер и представлены в основном авариями на транспорте, пожарами и взрывами на промышленных предприятиях, не влекущими крупных человеческих жертв (за исключением бытовых взрывов ГВС). Их распределение по территории не оказывает серьезного влияния на показатель риска, поскольку наибольшую потенциальную угрозу для населения представляют крупные промышленные объекты, сконцентрированные в трех промышленных узлах республики.

### **3.3. Основные подходы к решению проблемы риска**

Риск - явление повсеместное в жизни человека. Нет области человеческой деятельности, которая не содержала бы элементов риска, а часто и не строилось бы на нем. В настоящее время в России сложилась ситуация тотального риска, связанного с масштабными преобразованиями в процессе перехода общества в качественно новое состояние. При этом катаклизмы, сотрясающие наше общество, происходят на фоне мощнейших кризисных явлений, представляющих угрозу дальнейшему развитию и выживаемости цивилизации в целом.

Политические и социально - экономические преобразования последнего десятилетия неизбежно влекут за собой пересмотр старых норм и установок в сфере ценностей, включая ценность человеческой жизни, представление о безопасности существования. Традиционная цель развития общества, состоявшая в скорейшем экономическом росте, постепенно заменяется стремлением к устойчивому развитию и скорейшему росту безопасности, снижению рисков.



Анализ основных публикаций в сфере оценки риска показывает, что существует большое число смежных с термином «риск» понятий, таких как «опасность», «катастрофа», «неопределенность», «вероятность», которые часто используются неупорядоченно и взаимозаменяемо или же определяются разными авторами не одинаково. Такое положение дел связано, прежде, всего со сложностью и многогранностью исследуемого объекта, и различные попытки формализовать данный факт на уровне теорий и программ безграничны - как безграничен и потенциал субъекта. Кроме того, профессиональная сфера деятельности по оценке риска возникла лишь в последние 20 лет (Меняющийся мир ... , 1991).

Однако, несмотря на отсутствие четкого единогласия в терминологии и концепциях, несомненно одно, что в случае, когда исход всех событий и поступков можно однозначно скалькулировать, о риске как таковом речи нет. Риск появляется вместе с непредсказуемостью, неопределенностью будущего.

Ф.Найт и др. (Frank, 1994; Knight, 1921) различают неопределенность «исчисляемую» и «неисчисляемую», где риск - это исчисляемая неопределенность, которая каким-либо методом может быть сведена к объективной, количественно измеряемой вероятности, но существует более высокая форма неопределенности, которая недоступна измерению, а значит, и устранению. Практически разница между категориями риска и неопределенности состоит в том, что в первом случае распределение результатов в группе известно (что достигается путем априорных вычислений или изучения статистики предшествующего опыта), а во втором - нет. Это чаще всего вызвано невозможностью провести группировку случаев, так как рассматриваемые ситуации в значительной мере уникальны. При этом необходимо четко различать два метода

получения вероятностных суждений типа «некоторые X суть Y». Первый метод состоит в расчете а priori, который используется применительно к азартным играм, а также к тому типу случаев, который обычно рассматривается в логических и математических рассуждениях о вероятности. Этот тип должен быть четко противопоставлен другому классу проблем, когда расчеты невозможны и успеха добиться можно только путем статистической обработки данных о совершившихся фактах. Таким образом, риск можно рассматривать как один из информационных компонентов процесса принятия решения в условиях отсутствия информации или ее недостаточности (неопределенности) (Радушевский, 1974; Ларичев, 1987; Новик, 1988; Альгин, 1989, 1991; Лобажов, Шатеро, 1990; Задорожнюк, Зозулин, 1994). В этом случае риск предстает в виде совокупности вероятных положительных и неблагоприятных последствий, которые могут наступить при реализации выбранных решений.

В настоящее время широкое распространение получила трактовка понятия «риск» как количественной меры опасности. Здесь риск определяется, во-первых, как вероятность возникновения неблагоприятного события, во-вторых, как возможный ущерб, нанесенный этим же событием, в-третьих, как произведение вероятности негативного события размеров ожидаемого ущерба (Гидаспов, Кузьмин, Ласкин, Азиев, 1990; Потехин, Прохоров, Терещенко, 1990; Порфирьев, 1991; Мягков, 1991, 1992, 1994; Андреев, Божинский, Ушакова, 1992; Кочуров, Козлов, 1993; Андреев, Божинский, 1994; Балабанов, 1996). В последнем случае риск квалифицируется как потенциальная возможность нанесения вреда данному объекту или субъекту, обычно выражаемая в количественных терминах (вероятность нанесения ущерба). При этом

опасность определяется как источник риска (Порфирьев, 1991; Hohenemser, Kates, Slovic, 1983; Kaplan, Garrik, 1981), т.е. ситуация, при которой возможно возникновение явлений или процессов, способных причинить какой-либо вред здоровью или жизни человека, наносить ущерб собственности, окружающей среде или природным ресурсам (Маршал; 1989; Андреев, Божинский, 1994. В данном случае риск - это возможная опасность, количественное выражение ее последствий (Андреев, Божинский, 1994). С другой стороны, неблагоприятное событие есть нечто, случающееся в некоторый момент времени, и это событие можно рассматривать как реализацию опасности. Такие реализации могут быть ранжированы по степени их серьезности - от крупных событий до малозначительных. Реализация, таким образом, может (подчас значительно) не исчерпывать поражающего потенциала опасности. Иначе говоря, опасность есть всегда, потому что нет абсолютной надежности, а риск имеет место там, где есть решение (причем отказ от решения - это тоже решение) (Луман, 1994).

Риск как ожидание опасности рассматривается в качестве природного феномена, а также антропогенного, или техногенного, вызванного тем или иным решением в природопользовательской деятельности. Большое значение выяснению проблем риска придают исследователи эндогенных и экзогенных процессов, вызывающие нарушение земной поверхности. Этому был посвящен специальный семинар, где понимание геоморфологического риска выводилось «из ожидания возможной опасности или неприятностей нашему бытию со стороны рельефа и морфогенетических процессов, из ожидания разных нарушений привычной или удобной для нашего существования окружающей среды ... геоморфологический риск - это оценка

опасности рельефа и морфогенеза для безопасности жизни и деятельности человека и сохранности геоморфологического ландшафта» (Геоморфологический ... , 1993; с.5).

Особо подчеркивалось, что, называя геоморфологическим риском «вероятность обусловленного рельефообразующей деятельностью резкого усиления (или ослабления) природных процессов и явлений, принципиально изменяющих их осуществление и результаты с неблагоприятными для окружающей среды эффектами (там же, с.46), необходимо объективно говорить об антропогенно - геоморфологическом риске, когда отмеченные неудобства вызваны последствиями отрицательной деятельности людей».

Было обращено внимание на то, что термины «катастрофа», «опасность», «бедствие», «кризис», «чрезвычайная ситуация», «риск» рассматриваются часто как понятия, характеризующие взаимодействие между природными геоморфологическими явлениями и человеческим обществом как совокупность социально - экономических процессов, объектов, отношений. Из общих соображений риск – есть функция оценки степени потери управляемости. «Произведение значений этих функций на возможный ущерб от реализации опасного события дает оценку экономического риска как вероятности экономического ущерба (там же, с.10). В этом смысле понятие сближается с употребляемым термином «социальный риск» как частота, с которой определенное число людей испытывает некоторый уровень ущерба в результате реализации конкретной катастрофы.

В научной литературе упоминается множество видов риска: техногенный, экологический, военный, экономический, демографический и т.д. С.М.Мягков (1992) предлагает различать риски по паре признаков: а) размещение

источника риска в том или ином из трех элементов социально - экологической сферы (общество, природная среда, техносфера), б) направленность риска на какой-то из этих элементов.

В зависимости от масштабов последствий риск делят на локальный, региональный и глобальный. Различают также индивидуальный и коллективный риск (Ларичев, 1987). В.К.Маршалл (1989) выделяет еще и социальный, отмечая, что первые два характеризуют распределение риска, а последний - масштаб опасности. Важным в методологическом отношении представляется разделение риска по возможности его предотвращения. Классифицируя риск по этому признаку, выделяют следующие его виды: устранимый, частично устранимый, неустранимый.

Вплоть до настоящего времени большинство исследователей придерживались мнения, что современный уровень развития цивилизации вполне может исключить сколь угодно малый риск для человека. С этих позиций считалось возможным решать возникающие проблемы технологическими и рыночными методами. Это направление получило название концепции «абсолютной» безопасности, при реализации которой возможно достижение «нулевого» риска (Гидаспов, Кузьмин, Ласкин, Азиев, 1990). Но, уже начиная с конца 70-х годов, становится очевидным факт о несоответствии данной концепции реальности. И в настоящее время уже никто не сомневается в том, что при современном уровне развития техносферы не может существовать «абсолютной» безопасности или «нулевого риска» (Ильин, Куценко, Саватеев, Сафронов, Тиунов, 1990; Кузьмин, 1990; Легасова, 1990). «Нулевой» риск возможен лишь в системах, лишенных запасенной энергии. Современное общество - это «общество риска», общество, в котором в результате научно - технического прогресса возникает высокая степень

рассчитываемого и плохо контролируемого риска. Это реальность, которую необходимо сознавать и учитывать (Бек, 1994).

Представление о том, что всегда существует та или иная степень реального риска, который никогда не равен нулю, легло в основу так называемой концепции риска, согласно которой любое мероприятие, направленное на предотвращение угрозы для человека, в принципе не может полностью исключить риск, а способно лишь уменьшить его.

Главными составляющими концепции риска являются оценка риска и управление риском (Порфирьев, 1988; Лобанов, Шапиро, 1990; Кочуров, Миронюк, 1993; Environmental..., 1986). Оценка риска – научный анализ генезиса и масштабов риска в конкретной ситуации, тогда как управление риском – разработка решения, направленного на его минимизацию. Оценка риска должна характеризовать вероятность как наступления самого неблагоприятного и опасного события, так и негативных последствий этого события. Оценка риска и управление им – два аспекта единого процесса принятия решения. Главная функция его – определение приоритетов в действиях, направленных на минимизацию риска, для чего необходимо знать как основные источники риска (оценка риска), так и наиболее эффективные пути его сокращения (управление риском) при заданных ограничениях на ресурсы и время (Трофимов, Котляков, Селиверстов, Зайнуллина, 1999).

Но каким бы совершенным не было управление риском, всегда сохраняется некоторый остаточный риск, т.е. существует очень малая, но все же не нулевая вероятность события, которое сведет на нет предупредительные мероприятия. Кроме того, для снижения риска необходимо расходовать определенную долю материальных ресурсов общества, которые независимо от того,

велики они или малы, ограничены (Кузьмин, 1990). Следовательно, затраты, направляемые на создание систем безопасности, отвлекают средства из сферы услуг, из тех областей, в которых производятся товары, повышающие материальный уровень жизни. Другими словами, «нулевому риску соответствуют бесконечные затраты» (Кочуров, Миронюк, 1993; с.26).

В связи с этим в теорию риска введено понятие приемлемого риска. Его приемлемость должна быть обоснована, исходя из экономических и социальных соображений. Это означает, что уровень риска является приемлемым, если его величина (вероятность реализаций или возможный при этом ущерб) настолько незначительна, что ради получаемой выгоды, скажем, в виде производимой продукции, человек или общество в целом готовы пойти на этот риск. В самом общем виде возможны три варианта решения: а) риск приемлем полностью, б) риск приемлем частично, в) риск полностью не приемлем (Порфирьев, 1988 и др.).

Основные сложности здесь возникают с определением конкретных количественных значений «приемлемого» уровня риска. Эта задача решается в рамках системного подхода, согласно которому приемлемый риск - тот, при котором не нарушается устойчивость системы. В этой связи Ю.М.Свирижев (1987) отмечает определенную перегруженность термина «устойчивость», который при своей математической формализации может приводить к различным математическим моделям. Так, например, когда мы имеем дело с устойчивостью, по Ж.А.Пуанкаре, то модель устойчивости следующая: имеется некоторое равновесие, в котором находится система. В некоторый момент времени мы выводим, ее из этого состояния и затем предоставляем самой себе. Если система стремится вернуться в это состояние, все более и более приближаясь к нему,

то мы говорим, что равновесие устойчиво. Часто это свойство переносится на систему, когда говорят, что система устойчива. Устойчивость, по А.М.Ляпанову, - уже более широкая концепция: состояние системы считается устойчивым, если при некоторых начальных возмущениях система все последующее время остается в определенной окрестности, этого состояния. Устойчивость, по Ж.Л.Лагранжу, трактуется еще менее ограничительно: требуется лишь ограниченность территории, т.е. чтобы система не выходила за пределы некоторой области. В этой концепции исчезает понятие устойчивого состояния, но легко вводится понятие устойчивой системы.

Таким образом, несмотря на различия, любая модель устойчивости подразумевает наличие некоторых критических (пороговых) значений системы, в рамках которых она сохраняет свое равновесие, а значит, устойчива. Переходы через пороговые значения усложняют и изменяют структуру системы, очень часто приобретая катастрофический характер.

Ю.М. Свирев (1987) выделяет два типа катастрофических процессов. В обоих случаях - это скачкообразные изменения системы, но причины возникновения их различны. Первый тип катастроф возникает в момент слияния устойчивого режима системы с ее неустойчивым равновесием, в результате чего система должна совершить скачок, перескочить на совершенно другой уровень. Скачки такого типа и привели к формированию «теории катастроф». Однако возможны и другие «катастрофы», не связанные непосредственно с бифуркацией самого состояния равновесия, когда система теряет устойчивость сама по себе, не сталкиваясь с другим неустойчивым равновесием. Это случаи рождения и умирания предельного цикла. Неустойчивый предельный цикл ограничивает область устойчивости (притяжения) устойчивого



равновесия. При изменении параметров область притяжения этого равновесия уменьшается, умирает неустойчивый предельный цикл, равновесие теряет устойчивость, и система скачком уходит из этого равновесия, которое может быть либо устойчивой стационарной точкой, либо устойчивым колебанием, либо более сложным режимом.

Так или иначе, катастрофы или неравновесные нестационарные процессы являются необходимыми для функционирования любой сложной системы (Пузаченко, 1993). Формально можно говорить о системе во времени и пространстве двух типов процессов: равновесных и неравновесных. Равновесные процессы имеют значительную длительность и протяженность, неравновесные относительно локальную выраженность в пространстве и времени. При этом, говоря об устойчивости, нужно всегда иметь в виду конкретные временные интервалы, в пределах которых это свойство наблюдается, так как любая система устойчива лишь на определенном промежутке времени, умирая или разрушаясь, она теряет устойчивость и на ее месте появляется другая ..

Обсуждая проблемы допустимого риска с этих позиций, мы приходим к выводу, что с точки зрения управления особое значение приобретает анализ возможностей предупреждения (прогноза) катастрофических событий (в данном случае это есть не что иное, как оценка риска).

В этой связи Ю.Г. Пузаченко (1993) отмечает, что механизмы катастрофы по условию, а priori неизвестны, и получить представление о них можно лишь задним числом, уже после реализации катастрофы. Вместе с тем можно приблизительно определить области, где риск катастроф наиболее вероятен. Это, прежде всего, области с наиболее выраженными неравновесными нестационарными процессами.

Например, критерием неравновесности могут быть диспропорции в соотношениях различных типов элементов, резкие отклонения от нормальных среднестатистических отношений между частями, аномально высокие пространственно - временные дисперсии переменных, прямое проявление неравновесности процессов (например, высокая сейсмическая активность), высокие концентрации мощностей на единицу площади и т.п.

А.Д. Арманд (1993) обращает внимание на тот факт, что успех прогнозирования поведения системы во многом зависит от системной сложности объекта. Все объекты могут быть разделены по уровню сложности на 2 класса. Наиболее простые меняют свои состояния исключительно под воздействием внешних причин, тогда как более сложные управляются также содержащейся в ней программой или, проще говоря, их внутренними свойствами. Последние, в свою очередь, также могут быть выстроены по ступеням сложности:

- 1) системы, управляемые одной - двумя обратными связями, которые однозначно определяют траекторию циклических или направленных изменений;

- 2) системы, содержащие несколько или даже много программ, нередко объединенных в иерархию (включение того или другого алгоритма поведения зависит от конкретных внешних условий или от выбора, сделанного на следующем иерархическом уровне);

- 3) самообучающиеся системы, т.е. системы, способные усложнять, свои программы, перерабатывая информацию о происходящих извне воздействиях;

- 4) системы, способные к самоорганизации, т.е. к формированию в ходе своего развития совершенно новых программ, не существовавших

ранее (эти системы демонстрируют наиболее сложное поведение).

Возможности прогнозирования зависят от влияния на динамику элемента случайности. В зависимости от этого система может быть охарактеризована как детерминированная или стохастическая. Очевидно, что прогноз последних требует гораздо больше усилий. Между крайними типами систем существует постепенный ряд переходов.

Соответственно прогнозирование детерминированных несаморегулируемых систем не требует большого количества исходной информации и при этом может достигать высокой степени точности. И наоборот, системы, способные к эволюционным преобразованиям, самоорганизации, очень плохо поддаются прогнозированию даже на качественном уровне.

Таким образом, можно заранее оценить, насколько прост или сложен, достоверен или недостоверен будет прогноз, если проанализировать способность систем к саморегулированию и самоорганизации.

В основе функционального подхода к прогнозированию изменений в системе лежит такое базовое понятие, как структура системы (Котляков, Трофимов, Хузеев, Борунов, Гнеденков, Селиверстов, 1993 и др.). Идея подхода состоит в том, чтобы, используя возможности воздействия на структуру системы и ее функционирование, построить такую упорядоченную последовательность эффективных структур, которые были бы, во-первых, реализуемыми и, во-вторых, определяли бы развитие системы в требуемом направлении. Под эффективной (целесообразной) структурой здесь понимается такой способ организации системы, который бы содействовал успешному достижению целей ее развития.

Но любая структура, даже самая благополучная и устойчивая, несет в себе «зародыш» катастрофы, так как представляет собой результат компромисса между несовпадающими интересами. Другими словами, она обладает определенным, но всегда не нулевым уровнем напряженности, могущим по тем или иным причинам достигнуть критических значений. Существенным здесь является представление об элементах и подсистемах как носителях некоторых интересов (не обязательно осознанных), которые вытекают из имманентных свойств элементов и подсистем и которые следует отличать от функций в системе, – той роли, которую должен выполнять элемент или подсистема с точки зрения целей развития суперсистемы. Причиной роста напряженности структуры является трансформация интересов и функций; в результате расхождение между ними усиливается. Следовательно, можно еще раз повторить, катастрофа может иметь как внутреннее происхождение (когда имеет место трансформация: имманентных интересов), так и внешнее (когда происходит изменение и перераспределение функций, т.е. интересов более высокого уровня иерархии систем). Существует и смешанный вариант.

Рост напряженности может происходить с различной скоростью, но всегда в течение некоторого периода, что дает основание говорить о существовании кризисных ситуаций, которые можно рассматривать в качестве размытых временных границ между катастрофами «не катастрофами».

Таким образом, в зависимости от скорости и масштабов изменений состояние системы может быть определено как оптимальное, критическое и (или) катастрофическое (Widacki, 1986).

В любом случае катастрофа – есть необходимое условие развития системы, и

вмешательство управленческого характера может повлиять только на сроки ее появления, интенсивность, либо масштаб последствий. В этой связи своевременное и полное обеспечение информацией имеет ключевое значение.

И.Б.Новик (1988) в рамках системной концепции информационных процессов (СКИП) противопоставляет информацию и риск, связывая нарастание риска с шумом, а минимизацию риска ростом информации в системе. Основу этой концепции составляет представление о глубокой сущностной зависимости системности от информации. «Без учета фактора информации развитие системно. Только учет информации достраивает понимание развития до полной целостной системы» (Мягков, 1996; с.12). При этом информация рассматривается как упорядочивающий, системообразующий фактор, организующий, вещественные и энергетические элементы в некоторые органические целостности противоречивого характера, обладающие как относительной устойчивостью, так и способностью к развитию в меняющейся среде. СКИП исходит из методологического предпочтения информационных процессов по сравнению с веществом, и энергией, так как, имея информацию, человек может продуцировать новые виды вещества и энергии.

С этих позиций оптимальность (поскольку процесс накопления информации о конечной системе бесконечен) будет выступать как разумный компромисс между ростом антиэнтропийного начала – информации и энтропийного начала - меры риска (Новик,. 1988). Накапливая информацию, мы снижаем риск. Но нельзя упускать из виду то, что рискоемкость (мера риска) неизбежно всегда оказывается функцией времени. Вследствие этого даже система информации (I) максимальной полноты и

комплексности не элиминирует риск (R):  $R \rightarrow 0$  при  $I \rightarrow \infty$ , но даже при  $I = \max$ ,  $R \neq 0$  (из-за времени).

Таким образом, при системном анализе рискованных ситуаций необходимо учитывать три методологических принципа.

1. Принцип минимизации риска при максимизации и системном комплексировании информации в системе - принцип обратного отношения рискованности и информанности систем.

2. Принцип ненулевого значения меры риска даже при наибольшем значении информанности.

3. Принцип, определяющей роли человека в принятии решений в рискованных ситуациях.

Последний пункт надо отметить особо, так как любая достаточно полная система принятия решений в условиях неопределенности и риска всегда будет выходить на человека. Поступление новых данных может как уменьшать, так и увеличивать неопределенность, но уровень ее всегда останется таким, что сохраняется риск принятия неадекватных и просто вредных решений (Пузаченко, 1993). С этих позиций - обременение ответственностью за его осуществление, а также совокупность психологических качеств, ориентированных на выбор средств достижения цели (Задорожнюк, Зозолук, 1994). Есть специфические особенности восприятия риска людьми (Ларичев, 1987). Психологические исследования показали, что они (люди) плохо определяют вероятности событий, переоценивают вероятности тех из них, с которыми встречались раньше и которые «ярко» на них подействовали. Люди плохо оценивают априорные вероятности. Первая подсказка, данная во время оценки, сильно влияет на результат. Восприятие риска имеет и этнокультурные особенности (Мягков, 1994). Кроме того, определение меры риска само по себе связано с риском, а определение меры риска в свою очередь

включает элемент риска и т.д. - так образуется рискологический ряд, который уходит в бесконечность (Новик, 1988). Бесконечность приходится обрывать - стало быть, нет ничего более рискованного, чем определять меру риска.

Таким образом, многое зависит от степени свободы, компетентности и ответственности лица, определяющего степень риска.

В заключение необходимо отметить, что перед быстро нарастающими свидетельствами того, что прежние опасности начинают усугубляться, а новые быстро возникают, все большее значение придается предупредительной общественной политике. Необходимо показать обществу, что в своем стремлении к благополучию люди избегают одних опасностей, но при этом навлекают на себя другие, быть может, еще большие («риск событий со значительными последствиями» - называет такие последствия Э. Гидденс, (1994)). Так, в стремлении уменьшить энергозависимость путем производства биотоплива в странах, где проживает «золотой миллиард» произошло резкое удорожание (на 25-30%) продуктов питания. Поэтому, оценка риска – важный элемент этого процесса. Переход от политики реагирования к предупредительной продвинулся пока еще недалеко и никогда не будет полным, поскольку всегда возможны непредвиденные опасности. Тем не менее, склонность к политике, предпочитающей заблаговременное смягчение и предупреждение опасностей, видимо, будет расти.

### **3.4. Инвестиционная деятельность в регионе: проблемы устойчивости и риска**

Как уже было сказано ранее, в условиях всеобщего усиления отрицательных последствий хозяйственной деятельности: нерациональное использование природных ресурсов, загрязнение

среды, – устойчивое развитие рассматривается как единственная альтернатива традиционному развитию экономики. Сделать развитие устойчивым означает «обеспечить, чтобы оно удовлетворяло нужды настоящего, не подвергая риску способность будущих поколений удовлетворять свои потребности» (Программа..., 1993). Однако эти надежды пока не оправдываются, ухудшение состояния окружающей среды и истощение природных ресурсов продолжается. Одна из причин – слабая изученность механизмов достижения устойчивого развития. Для анализа проблем устойчивости развития представляется необходимым исследование инвестиционной деятельности, так как инвестиции означают отказ от текущего потребления для обеспечения растущих потребностей в будущем.

В условиях растущего дефицита сырья, энергетических ресурсов и обострения экологических проблем существенно повышается роль региональных органов, власти. Обеспечение устойчивого развития региона требует от них активного участия в регулировании инвестиционной деятельности для обеспечения расширенного общественного воспроизводства (Кашбразиев, Трофимов, Тикунов, 1999).

### **Инвестиционная деятельность как предпосылка устойчивого развития региона.**

#### **Инвестиционные риски.**

Состояние региона представляет собой исторически сложившиеся к некоторому моменту условия в определенном фрагменте территории, включая сбалансированную (и, следовательно, устойчивую) совокупность взаимосвязанных географических объектов и элементов (Трофимов, 1997). Повторим, что целесообразно выделить две



основных разновидности исходного состояния регионов (Тикунов, Цапук, 1997):

- регионы, в которых необходимость решения острейших экологических проблем вынуждает обращаться к вопросам устойчивого развития, т.е. наблюдается «ведущая» роль экологического фактора (районы экологического бедствия и др.);

- регионы; где экологические проблемы создают клубок противоречий с социально-экономическими, этнокультурными и иными проблемами. Здесь трудно выделить «ведущий» фактор.

Износ основных производственных фондов отраслей народного хозяйства (особенно промышленности, сельского хозяйства, строительства и транспорта) имеет неблагоприятные экономические, технологические и экологические последствия, замедляет темпы строительства, грозит авариями на транспортных магистралях.

#### Региональные аспекты инвестиционной активности.

Региональные особенности инвестиционной активности связаны, в первую очередь, с различиями в совокупности факторов, определяющих инвестиционную ситуацию в регионе. Это обеспеченность природными ресурсами, оснащенность инфраструктурой, степень реализации рыночных реформ и другие.

В целом, в экономических районах России за период реформ в целом наметилось ухудшение инвестиционной ситуации по мере удаления с запада страны на восток. Вместе с тем, выделяются отдельные регионы, добивающиеся лучшего положения в силу следующих причин: 1) благоприятная специфика производственной специализации региона, его обеспеченность факторами производства; 2) более свободный

доступ к средствам федерального бюджета, большой размер получаемых из него средств; 3) способность создавать собственные местные бюджеты с наполняемой доходной частью; 4) проведение на местах структурного маневра, в том числе по увеличению доли затрат на расширение и реконструкцию действующих предприятий 5) высокая активность в осуществлении рыночных реформ, позволяющая подключить к финансированию инвестиций частный капитал и сбережения населения.

В условиях дефицита инвестиционных ресурсов субъекты РФ стремятся проводить самостоятельную политику. Одна из наиболее важных проблем, возникающих в процессе становления инвестиционной политики регионов, - разграничение полномочий с федеральным центром в данной области.

В целях повышения эффективности взаимодействия с регионами в области инвестиционно - структурной политики усилие федеральных органов власти должны сконцентрироваться на стратегически наиболее важных направлениях структурных преобразований. В первую очередь, это определение основных контуров инвестиционно - структурной политики, налогово - бюджетной и кредитной политики (федеральные налоги, условия льготного кредитования, субсидирования и т.п.), делегируя субъектам Федерации право вносить в них согласованные дополнения и уточнения с учетом особенностей территорий. Такое разграничение функций призвано обеспечить целевое использование инвестиционных ресурсов и контроль за достижением заданных результатов.

Важнейшими направлениями инвестиционной деятельности на федеральном уровне являются: федеральное бюджетное субсидирование, реализация национальных

проектов (образование, здравоохранение и т.д.) льготное кредитование инвестиционных программ и программ поддержки отдельных производств общенационального значения, государственные заказы и другие.

На уровне регионов приоритетные направления необходимых структурных преобразований определяются, исходя из специализации хозяйств и характера накопленных структурных деформаций. Делегированные ныне субъектам федерации властные и бюджетно-финансовые полномочия в принципе расширяют возможности мобилизации инвестиционных ресурсов. Так, для формирования устойчивой доходной базы региональных бюджетов с 1996 г. закреплены стабильные ставки и нормативы направления в бюджеты субъекты РФ отчислений от соответствующих федеральных налогов и доходов, тогда как раньше ставки и нормативы изменялись каждый год, причем произвольно. Важнейшими источниками финансирования инвестиционных программ являются также средства негосударственных, в том числе зарубежных, инвесторов.

Изложенное дает возможность обозначить основные элементы формирующейся в субъектах РФ инвестиционной политики: а) разработка и принятие собственного законодательства, регулирующего инвестиционный процесс; б) предоставление инвесторам различных соответствующих современной мировой практике льгот и стимулов финансового и нефинансового характера; в) создание организационных структур по содействию инвестициям; г) аккумуляция средств населения путем выпуска региональных займов.

В связи с инвестиционной деятельностью геоинформатика может оказаться весьма полезной, например, в следующих сферах: предоставление инвесторам полной и точной информации об

экономическом потенциале региона и его отдельных частей; отбор привлекательных для инвестиций объектов; предоставление информации о местных налоговых льготах; освещение особенностей инвестиционной политики администрации региона.

Известно, что для многих регионов, испытывающих финансовые трудности, дополнительным импульсом активизации инвестиционной деятельности могли бы стать иностранные кредиты и прямые долгосрочные вложения зарубежных инвесторов. Но известно и то, что эти средства оседают, как правило, в регионах с относительно высоким экономическим потенциалом и более устойчивым финансовым положением. Так, в 1994г. каждый шестой доллар иностранных инвестиций в Россию был вложен в экономику Москвы. Изменять положение, конечно, надо, но в первую очередь усилиями самих заинтересованных регионов.

Анализ ситуации показывает, что универсальным механизмом внутренних и внешних заимствований для экономики регионов является развитие фондового рынка. Благодаря ему возможно заменить процессы купли - продажи товаров, услуг, недвижимости, предприятий единым процессом купли - продажи обязательств, выраженных в ценных бумагах различного типа: акциях, фьючерсных контрактах, залладных, страховых полисах и др.

В настоящее время налицо чрезмерное стремление государства контролировать пакеты как можно большего числа предприятий. На сегодня федеральное правительство контролирует 3000 предприятий, а татарстанское - более 600, что непропорционально много (Время..., 1997). В результате такого подхода акции не обращаются на рынке, а у государства не хватает сил и времени на управление действительно стратегическими предприятиями.

Вывод очевиден: надо формировать и активно проводить в жизнь последовательную скоординированную государственную политику на фондовом рынке. В первую очередь предстоит определить цели и направления привлечения капитала, последовательность государственных инвестиций в те или иные предприятия и продажи долей государства по мере достижения поставленных целей. Образно выражаясь, нужно формировать и поддерживать «инвестиционную волну». Наибольшее значение в экономике всегда имеет рынок корпоративных ценных бумаг, который позволяет привлекать инвестиции непосредственно на предприятия, формировать объективную оценку рыночной стоимости предприятия (без риска потери инвестиций со стороны государства).

Основа рынка – это эффективное обращение ценных бумаг, которое возможно только при наличии развитой инфраструктуры. Пока она отстает от требований времени. Необходимо стимулировать усилия инвестиционных компаний в создание систем электронной торговли в регионах и включение в российскую и международные системы электронных торгов.

Среди актуальных задач – поддержка специальных изданий, раскрывающих информацию о региональных предприятиях – эмитентах, стимулирование публикаций такой информации в России и за рубежом. Особый прогресс представляют публикации в электронном виде.

Особым вопросом стоит организационное и информационное обеспечение природопользования. Главное здесь:

- 1) обеспечение эффективности экономического механизма природопользования в регионе;
- 2) повышение объективности и обоснованности решений по природопользованию

за счет превращения множества разрозненных данных в систему знаний о состоянии и тенденциях изменения природных ресурсов.

Экономический рост, рациональное природопользование и защита окружающей среды взаимосвязаны. Для достижения этих государственных целей необходимо разработать единую политику, основанную на общепринятой концепции устойчивого развития.

### **3.5. Методика пространственного анализа и выделения специфических районов, кризисных и критических областей и зон риска**

Обработка эколого-географической информации, как правило, сводится к проблеме классификации множества показателей (которыми эта информация описывается) или элементов сложной системы. Обычно классификации используют предположения, что одним и тем же набором признаков с равной (предполагаемой) полнотой и информативностью описываются все объекты совокупности, а сами объекты различаются лишь набором значений признаков. На этом принципе строятся формальные процедуры классификации и районирования. В неформальных же классификациях сложных географических объектах отнесение объекта к тому или иному классу принимается на основе лишь части его признаков. Все совокупности признаков не могут, да и не должны использоваться в силу, во-первых, громоздкости подобной работы, во-вторых, (это особо важно) информативность признаков может перекрываться, а это создает «белый шум», искажающий конечные результаты работы, и в – третьих, весь признаковый набор, как правило, годится только для общего описания. Для содержательного разбиения нужны диагностические признаки (Каганский, 1987).

В этой связи возникают процедуры, характерные для каждого объекта набора признаков, отражающих специфичную часть содержания. Для каждого объекта необходимо получить такой взаимосвязанный набор признаков, который позволит найти наибольшие различия с другими объектами совокупности. Это региональный синдром признаков (Каганский, Новиков, 1989).

С помощью этого синдрома определяется региональный синдром отдельных частей территории. В общем виде работа ведется с ОТЕ. Ими могут быть: систематически или математически выделенные квадраты общей сетки, накладываемой на территорию; отдельные районы, штаты и другие территориальные единицы; в отдельных случаях пространственно-распределенные единицы; в специальных случаях это элементарные бассейны рек; другие географические пространственно распределенные единицы территории или отдельные объекты (предприятия, хозяйства, сельские населенные пункты, города и др.). Основной метод определения регионального синдрома – вычисление таксономического расстояния данного признака в определенной ОТЕ от значения соответствующего признака у элементов всей совокупности (Каганский, Новиков, 1989).

#### 1. Определение диагностических признаков и регионального синдрома ОТЕ.

Первым итогом является нормирование данных для придания им единой размерности. Процедура осуществляется по формуле:

$$z = (x - \bar{x}) / \delta^2,$$

где  $x$  – значение признака;

$\bar{x}$  – среднее значение признака;

$\delta_2$  – среднеквадратичное отклонение.

По каждому признаку (для каждой ОТЕ) определяется таксонометрическое расстояние:

$$T_j^k = \left( \sum_{i=1}^n (x_k^i - x_j^i)^2 \right)^{1/2},$$

где  $T_j^k$  - таксонометрическое расстояние ОТЕ k по признаку j;

$x_k^i$  - значение признака i в ОТЕ k;

$x_j^i$  - значение признака i во всех остальных ОТЕ по порядку.

Результаты сводятся в матрицу таксонометрического расстояния (размерностью: объекты x признаки).

ОТЕ i					
1					
2					
...					

Региональный синдром вычисляется следующим образом: для каждой ОТЕ выбираются только те признаки, для которых  $T_j^k$  выше их среднего значения в данной ОТЕ, т.е.  $T_j^k > \bar{x}_k$ .

В результате получим, что каждая из ОТЕ будет характеризоваться «своим» набором показателей, т.е. «своим» региональным синдромом.

Картографирование может осуществляться двумя путями: во-первых, по набору показателей синдрома (т.е. по объединению однородных ОТЕ) в виде мозаичной картины сочетания ОТЕ по их набору признаков; во-вторых, можно построить и континуальное изображение распределения регионального синдрома по территории. Это осуществляется с помощью суммирования значений в пределах ОТЕ ( $\sum T_j^k$ ). Правда, в этом случае необходимо вводить процедуру взвешивания показателей (ибо складывать можно



только «взвешенные» или приведенные показатели).

## 2. Определение сумм «взвешенных» баллов.

Не только процедура суммирования значений показателей требует процедуры «взвешивания».

Многие процедуры классификации и районирования в географии сопровождаются балльными очками значений признаков с последующим суммированием баллов<sup>1</sup>. И в этом случае процедура суммирования обязательно должна сопровождаться приведением или «взвешиванием» баллов<sup>2</sup> (Трофимов, 1997).

Нормирование показателей с помощью баллов осуществляется процедурой приведения шкалы значений показателей к опорной шкале п-балльной оценки. Это процедура детально описана в литературе (Арманд, 1975).

Следующим шагом является построение матрицы баллов.

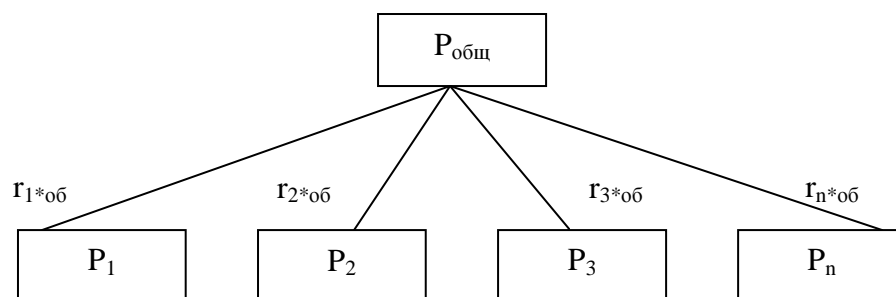
ОТЕ Показатель	1		2		...
1	a1	a2			
	a3				
2					

Ячейки матрицы распределяются на три части:  $a_1$  – где записываются истинные значения признака;  $a_2$  – где записано его балльное значение;  $a_3$  – где впоследствии вписывается «взвешенный» балл.

Процедура «взвешивания» может носить различный характер. Методов достаточно. Однако, одним из наиболее адекватных географическому характеру соотнесения показателей является предложенный В.В.Шкуровым (1967) метод

<sup>1</sup> Процедура балльной оценки часто используется в случаях, когда показатели измеряются разнородными, разномерными величинами, которые могут быть оценены как количественно, так и качественно.

сопоставления показателей с помощью коэффициента корреляции, в дальнейшем несколько модифицированный (Трофимов, 1977). Вначале содержательно обосновывается общий показатель ( $P_{\text{общ}}$ ), а затем каждый из показателей ( $P_i$ ) сопоставляется с ним с помощью коэффициента корреляции  $r_i$  (в данном случае используется лишь как мера согласованности и взаимосвязи).



Пусть коэффициент корреляции между общим показателем ( $P_{\text{общ}}$ ) и первым ( $P_1$ ) составит  $r_{1\text{общ}}$  и т.д. по отношению к другим показателям, и пусть наиболее высоким коэффициентом корреляции явится, например,  $r_{3\text{общ}}$ . Тогда коэффициенты взвешивания ( $\gamma_i$ ) определяется следующим образом:

$$\gamma_1 = r_{1\bullet\text{об}} / r_{3\bullet\text{об}};$$

$$\gamma_2 = r_{2\bullet\text{об}} / r_{3\bullet\text{об}};$$

$$\gamma_3 = 1;$$

$$\gamma_n = r_{n\bullet\text{об}} / r_{3\bullet\text{об}}.$$

А «взвешенные» баллы ( $\bar{B}$ ) соответственно выразятся как:

$$(\bar{B}_1) = B_1 \cdot \gamma_1;$$

$$(\bar{B}_2) = B_2 \cdot \gamma_2;$$

$$(\bar{B}_3) = B_3 \cdot \gamma_3;$$

и в общем виде

$$(\bar{B}_i) = B_i \cdot \gamma_i.$$

Эти величины позволяют составить окончательную матрицу «взвешенных» баллов:

ОТЕ Показатель	1	2	...
1	$\sum B_1^1$	$\sum B_2^1$	
2	$\sum B_1^2$	$\sum B_2^2$	
...			

Картографирование осуществляется также двумя путями:

- выделение районов по суммам взвешенных баллов (дискретные изображения) осуществляется в соответствии с опорной шкалой. Если выделено  $n$  баллов, то в соответствии с этой шкалой разделяются значения «взвешенных» баллов. Районов выделяется столько, сколько балльную систему исследователь использует;

- выделение изолинейного континуального изображения распределения величин «взвешенных» баллов.

### 3. Пространственный анализ распределения баллов.

Идея пространственного анализа связана с процедурой пространственного сглаживания «статистического рельефа» (Червяков, 1978). Она возникла в метеорологии в связи со сглаживанием температурных значений на карте с целью поиска связей зависимости (Пановский, Брайер, 1972).

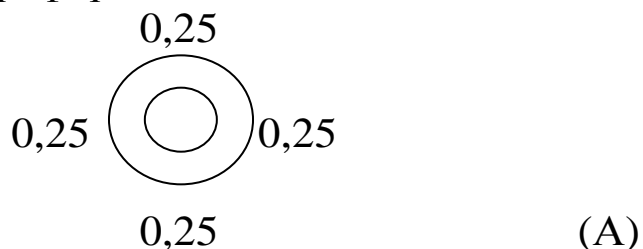
Самый простой способ – среднее арифметическое в центре квадрата, обрисованного точками значений «высот рельефа», тогда выравненное (сглаженное) значение, например  $\bar{x}_1$  и  $\bar{x}_2$

	$x_1$	$x_2$	$x_3$	$x_4$
1	2			
				$x_{10}$
7	8	9	.....	

$x_6$

(стоит знак осреднения) выглядит так:  
 $\bar{x}_1 = (x_1 + x_2 + x_6 + x_7)/4$ ;  $\bar{x}_2 = (x_2 + x_3 + x_7 + x_8)/4$  и т.д.

Таким образом, задается схема весов  
 Фьортфорта



или

0,25 0,25  
 0,25 0,25

Схема весов «скользящего окна» (о нем речь  
 пойдет ниже):

01 01 01  
 01 02 01  
 01 01 01

В наиболее сложных случаях используют  
 специальные сглаживающие функции (в  
 зависимости от цели исследования). Например,  
 для определения данных в равноудаленных углах  
 сетки используется пространственная  
 сглаживающая функция с 21 весом,  
 пропорциональным ординатам двумерного  
 нормального распределения.

0,01 0,01 0,01  
 0,01 0,05 0,11 0,05 0,01  
 0,01 0,11 0,24 0,11 0,01 (B)  
 0,01 0,05 0,11 0,05 0,01  
 0,01 0,01 0,01

Функции (А, Б) примерно одинаково  
 уменьшают амплитуды волн большой и средней  
 длин, эффект сглаживания коротких волн  
 получается несколько различным.

Первый шаг анализа идентифицирует  
 характер распределения «нормы» данного  
 признака (например, пространственное  
 распределение плотности населения и др.  
 Известно, что средняя цифра плотности населения

территории не показательна, т.к. реальная плотность меняется в пространственном аспекте).

Определение «трендовой» поверхности (процедура «выравнивания» «рельефа признаков») осуществляется рядом способов, в том числе и аналитических (Миллер, Канн, 1965).

Однако аналитические способы наиболее приемлемы при весьма значительном наборе ОТЕ. В этом случае используют автоматизированные способы.

Для наук природного цикла (география, биология) адекватными являются графические способы выравнивания, один из которых носит названия метода «скользящего окна».

Смысл его заключается в следующем. Территория трансформируется в виде матрицы, в ячейках которой (ОТЕ) вписываются значения признаков.

$a_{11}$	$a_{12}$	$a_{13}$	
$a_{21}$	$\bar{x}_{11}$	$x_{11}$	$x_{12}$
$a_{31}$		$x_{21}$	$x_{22}$
		$x_{31}$	$x_{32}$
		$x_{41}$	$x_{42}$

Поскольку матрицы обычно бывают не очень большие, чтобы не терять (в связи с особенностью методики) крайних членов рядов и столбцов, проводят дополнительные построения: добавляют два ряда сверху и снизу и два столбца с обеих сторон (построения обозначены пунктирной линией).

Значения величин «а» определяются по формуле:

$$a_i = (2x_1 + x_1 - x_4)/2.$$

Например,

$$a_{12} = (2x_{11} + x_{21} - x_{41})/2;$$

$$a_{11} = (2x_1 + x_{22} - x_{44})/2 \text{ и т.д.}$$

Исходное «скользящее окно» (для выравнивания значения  $x_{22}$ ) и промежуточное (для выравнивания значения  $x_{22}$ ) и выделены двойной линией. Процедура выравнивания (например, для  $x_{11}$ ) определяется по формуле:

$$\bar{x}_{11} = (a_{11} + a_{12} + a_{13} + a_{21} + 2x_{11} + x_{12} + a_{31} + \dots + x_{21} + x_{22})/10$$

Выравненная величина записывается в квадраты соответствующей ячейки. Затем окно смещается вправо и процедура повторяется по всем ячейкам (ход «скользящего окна» показан пунктирной стрелкой).

По выравненным значениям проводятся изолинии, которые являются моделью трендовой поверхности распределения признака по территории.

Вторым шагом анализа является поиск «остаточных поверхностей». Для этих целей в ячейки матрицы выравненных значений признаков вписываются величины разницы между значениями исходного «статистического рельефа» (исходной поверхности) и значениям трендовой поверхности. Эта разница (положительная и отрицательная) с соответствующим знаком является исходным материалом для составления «остаточных поверхностей» положительных и отрицательных отклонений в виде изолинейной поверхности соответствующего остатка.

Поскольку трендовая поверхность идентифицируется с «нормой» величины распределения признаков, то, в соответствии с содержательным аспектом анализа, остаточные поверхности положительного и отрицательного значения (в зависимости от содержательной концепции) могут быть идентифицированы с

областями кризисных и критических областей, а также и зон риска.

#### 4. Определение областей рисковых и критических зон на территории.

В методику выделения аномальных зон В.Я.Воробьёвым с коллегами (1971) вводится непрерывная величина, позволяющая судить, в какой мере та или иная точка (или ОТЕ) территории является «аномальной» и с какой степенью вероятности в дальнейшем эта методика была усовершенствована и широко использована для целей пространственного анализа.

В качестве этой непрерывной величины принимается вероятность встречи точки (или ОТЕ) с заданными значениями признаков на данной территории. Чем меньше эта вероятность, тем более аномальной является точка.

Методика заключается в следующем. Предположим, что в  $n$  точках (ОТЕ) территории определено  $t$  показателей.

В таком случае в каждом из этих точек (ОТЕ) подсчитывается величина:

$$\tau_{ij}^2 = (x_{ij} - \bar{x}_j)^2 / \delta_j^2 ;$$

$$i=1,2,3,\dots,n;$$

$$j=1,2,3,\dots,m, \text{ где}$$

$\bar{x}_j$  - среднее значение  $j$ -го показателя;

$\delta_j^2$  - дисперсия распределения  $j$ -го показателя;

$n$  - число наблюдений.

Если доказано, что величины  $x_{ij}$  распределены нормально, то величины  $\tau_{ij}^2$  распределены асимптотически нормально с параметрами  $[0,1]$ .

Наконец, если эти оба условия доказываются, то следующая величина  $v_i = \sum_{j=1}^m \tau_{ij}^2$ .

$i = 1, 2, 3 \dots, n$  распределяется  $\chi^2$  с  $n$  степенями свободы.

Известно, что коэффициенту  $\chi^2$  с  $n$  степенями свободы, т.е.  $\chi_m^2$  соответствуют три стандартных значения.

$\chi_{st1}^2; \nu = m; \chi_{st2}^2; \nu = m; \chi_{st3}^2; \nu = m$ , которым соответствуют вероятности проявления события  $p_1=0.950; p_2=0.990; p_3=0.999$ .

Поэтому используется соотношение  $\nu_1 \chi_{st}^2$ ,  $\nu = m$  сравниваем значения данных  $\nu_i$ , в каждой точке (ОТЕ) со стандартными значениями  $\chi_{st}^2; \nu = m$ . По этим конкретным величинам строятся изолинии вероятностей  $p_3$  (0,950; 0,990; 0,999). Участки территории, ооконтуренные изолинией вероятности проявления событий  $p_3 = 0.999$ , являются наиболее рискованными и, возможно, катастрофическими. Территории ооконтуренные изолиниями  $p_3 = 0.999$  и  $p_2 = 0.990$  являются критическими (критически неустойчивыми); ооконтуренные изолиниями  $p_2 = 0.990$  и  $p_1 = 0.950$  относительно неустойчивыми с незначительной возможностью проявления критических ситуаций (хотя и это не исключается). Территории, ооконтуренные изолиниями 0,950 и ниже - достаточно устойчивые и надёжные.

В заключении необходимо отметить, что содержательное обоснование играет ключевую роль в пространственном анализе распределения признаков.



## **IV. ПРИНЦИПЫ И ПОДХОДЫ К СОСТАВЛЕНИЮ ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКИХ КАРТ**

### **4.1. Обсуждение позиций**

Вначале рассмотрим терминологические проблемы. Экология (классическая экология) изначально была определена как биологическая наука (биоэкология), которая рассматривала взаимодействие организмов и среды обитания (акцент при этом часто делается только на одну сторону этого взаимодействия, направленную на организм). Но, как справедливо заметил А.Г. Исаченко (1990), одностороннее воздействие, направленное на организм, может быть применимо к растениям и животным, но неприемлемо в отношении к человеку, который в процессе взаимодействия с природной средой вносит в нее настолько существенные изменения, что на передний план выдвигаются проблемы его адаптации уже к этой, непрерывно им же изменяемой среде. Кроме того, прямая экстраполяция традиционной биологической экологии на человека вряд ли допустима, поскольку человек - существо социальное и испытывает не только прямые, но и сложнейшим образом опосредованные влияния со стороны природной среды. Отсюда естественны поиски новых концепций, которые позволили бы решить экологические проблемы человечества.

В классическом, чисто биологическом аспекте экология также рассматривается как: наука о системе взаимоотношений человека как вида и общества с природной средой (Божилина, Сваткова, Чистов, 1999); наука, изучающая организацию и функционирование надорганизменных систем различных уровней -

популяций, биоценозов (сообществ), биогеоценозов (экосистем) и биосферы (Преображенский, 1990); наука, рассматривающая совокупность предметов и явлений с точки зрения объекта (живого или с участием живого), принимаемого за центрального в этой совокупности (Верещака, 1991 и др.).

По мнению Л.Е.Смирнова (1990), экология - это проблема или группа проблем, возникающая от того, что уровень воздействия на природную среду человеческого общества настолько возрос, что обратное влияние «возмущенной» природы на людей стало угрожающе опасным. В.В.Воробьев, А.В.Белов, Б.А. Богоявленский и др. (1990) говорят о том, что экология – всеобъемлющая синтетическая область знания, пределы которой непрерывно расширяются. Она является уже не научной дисциплиной, а особым мировоззрением, подходом к исследованию закономерностей, касающихся всех сторон жизни и среды, в том числе относящихся к человеческому обществу и его деятельности. С.Е.Сальников(1993) также указывает на то, что современная экология (в широком ее понимании) - это комплекс научных дисциплин, связанный с изучением взаимоотношений между обществом и природой, которые выступают в качестве основного предмета исследования современной экологии.

Исходя из сказанного, современную экологию в наиболее общем ее понимании, можно определить как комплекс (или систему) научных дисциплин, связанных с изучением и оценкой взаимоотношения общества и природы и имеющей конечной целью их оптимизацию (гармонизацию). Следует различать экологию как охарактеризованную ранее область знания и экологический подход, имеющий общенаучное значение (Комплексное экологическое..., 1997).

Задача создания всеобъемлющей науки о взаимодействиях между человеком и средой

обитания представляются на данном этапе развития научной мысли очень проблематичной. В настоящее время на такую науку претендует общая экология, экология человека, геоэкология, социальная экология и др. Однозначного понимания перечисленных научных дисциплин или направлений не существует, но все они выдвигают в качестве конечной цели гармонию человека с природой.

Понимание экологии не только как биологической науки открыло возможности для возникновения новых направлений, связанных с изучением воздействия человека на природную среду. Вследствие этого экологические проблемы могут рассматриваться как взаимодействие в системе «природа - общество», разрешение которых возможно лишь на междисциплинарном уровне, при ясном понимании, что в этой системе человек и среда выступают как функционально равные части единого целого. Такое понимание экологии, способствовало экологизации многих областей знаний, в том числе географии и картографии (Тикунов, Январева, 1995).

Структура экологического картографирования связана с расширенным пониманием экологии как науки об отношениях любого организма (системы) и среды. Поэтому в настоящее время в экологическом картографировании можно выделить три крупных направления: геоцентрическое, антропо- или демоцентрическое и биоцентрическое, каждое из которых отображает особенности и последствия взаимодействия своего субъекта с окружающей средой (Жеребцова, 1994, 1997; Кочуров, 1999).

Современная геоэкология и антропоэкология воплощают в себе антропоцентрический принцип. Это тот самый стержень, который, в конечном итоге определяет специфику современного экологического картографирования. Вторым существенным признаком данного типа карт

является их «оценочность» (Кочуров, Жеребцова, Быкова, 1994; Кочуров, 1999).

В качестве основного объекта экологического картографирования рассматриваются: экосистемы различного ранга, масштабы антропогенного давления на среду, биота, природоохранные мероприятия, взаимоотношения организмов и среды, экологические ситуации и т.д. (Мишина, Петрова, Трофимов и др., 2000).

Неоднозначность определения «экология» вызывает некую неоднозначность понятия «экологическая карта», а также, что должно быть на ней отображено. Наиболее широкое определение таким картам дает А.А.Лютый (1999). По его мнению, экологические карты - это карты разнообразных связей и отношений субъектов и среды, разных элементов процессов связей и отношений и процессуальных циклов в целом (потребности, ресурсы, условия существования, источники воздействия на систему «субъект - среда», изменения, вызванные изменениями «среды» и т.п.), в том числе применительно к множеству субъектов отношений – организм, популяция, сообщество, человек и др., а также сфер отношений, проявляющихся при взаимодействии с литосферой, гидросферой, педосферой, биосферой и ландшафтной оболочкой в целом, техно- и социосферами. К настоящему времени собственно экологических карт немного (порядка 60); сам термин «экологическая карта» в публикациях на русском языке появился в конце 80-х годов. Анализ современной эколого-картографической изученности страны представлен в работе (Камедчиков, Лютый, Асоян и др., 1993).

Экологические проблемы возникают всюду, когда и где происходит естественное возникновение или внедрение извне одних систем в другие, когда образуется сочетание двух и более систем, при котором одна включает в себя другие и является средой существования. Собственно это

есть то, что следует называть экологической системой - экосистемой. Таким образом, экосистема - всегда сложная система объект - среда (Смирнов, 1990).

Понятие «экологическая система» - важнейшее обобщение экологии. Следовательно, в любом варианте экологизированной карты должна присутствовать экосистема. Однако это понятие различно и неоднозначно: существуют экосистемы разных уровней и порядков, разной сложности и организации т.п. Тем не менее, есть некоторая единая позиция: в понятии «экосистема» подразумевается сочетание (органичное целое) живого организма и среды его обитания, создающее новое системное качество взаимодействия и взаимообусловленности Л.Е. Смирнов (1990) считает, что поскольку объекты и их среды могут быть различными, и каждый объект может быть одновременно элементом одной среды и средой других систем, то следует признать, что существует как множество экосистем, так и большое количество конкретных экологий, или вернее, научных дисциплин, относящихся по сути своей и предмету исследования к ряду экологических. Поэтому не существует экологии «вообще» или она может мыслиться как частный раздел общей теории систем, рассматривающий функционирование систем типа объект - среда. Говоря же о конкретных экологиях, следует добавлять, какая экология (какая среда) имеется в виду или экология чего (какого объекта) исследуется. Говоря об экологических системах, роль окружающей среды в которых играет географическая (ландшафтная) оболочка Земли, можем сказать, что речь идет о географической экологии, или геоэкологии.

Появление термина «геоэкология» в отечественной литературе связано с именем К.Тролля, который подразумевал под ним одну из

ветвей естествознания, объединяющую экологические и географические подходы для изучения экосистем (Преображенский, 1992).

Теоретическим аспектом геоэкологических исследований, а также практическим разработкам в последние годы посвящено значительное число публикаций (Воробьев, Белов, Богоявленский и др., 1987; Смирнов, 1990; Методические установки ..., 1992; Преображенский, 1992; Трофимов, Котляков, Селиверстов, Хузеев, 1994; Корытный, 1995; Жуков, Новаковский, Чумаченко, 1999; Поздеев, 1999; Тимашов, 2000; Карта «Комплексное ... », 2002). Причем многие авторы, несмотря на сохраняющуюся неясность в объеме и содержании понятия «геоэкология» определяют ее как: науку о пространственно-временных закономерностях взаимодействия сообществ с окружающей природной средой (Кочуров, 1999); науку о взаимодействии географических, биологических (экологических) и социосистем (социально–производственных или природно-хозяйственных) (Петров, 1997); как научное направление, соединяющее географический и экологический подходы к изучению взаимодействия общества и природы (Тимашев, 2000). Или говорят о геоэкологическом подходе, который «обоснованно акцентирует внимание на территориальных аспектах взаимодействия общества и природы, пространственных закономерностях организации, дифференциации и развитие природных и/или общественных систем в контексте влияющих на эти процессы условий и факторов» (Жуков, 1999). Очень часто приходится сталкиваться с тем, что термин «геоэкология» расшифровывается как «геоэкологическая экология».

И.Е.Тимашев (2000) дает несколько определений термина «геоэкология», которые раскрываются в нескольких формах: в виде сложившейся науки, научного направления,

геоэкологического подхода и виде расширенного междисциплинарного подхода, который можно свести к четырем вариантам.

Спектр определений геоэкологии очень широк, проанализировав их, можно определить как интегральное научное направление, находящееся в сфере пересечения естествознания, обществознания и технознания, и изучающее пространственно и системно организованные процессы и явления, возникающие в результате взаимодействия общества и природы (Поздеев, 1999, 2004).

Объектом геоэкологии по оценкам разных авторов являются:

- геосистемы (Жуков и др., 1999), включающие в себя как природные, так и антропогенные компоненты;
- геоэкосоциосистема (Кочуров, 1999) - территориальное сочетание, охватывающее системы разной степени сложности: природные, природно-антропогенные, демо- и этноэкологические, социокультурные и характеризующиеся определенной общностью: единством территории, тесным взаимодействием между собой и целостностью выполняемых функций;
- система «общество - природа», имеющая множество объединенных в блоки и переплетенных многочисленными взаимосвязями компонентов, образующих таким образом, сложную структуру (Поздеев, 2004).

При этом понятие «территория», согласно А.М Трофимову, В.М. Котлякову и др. (1994), - это, во-первых, не столько определенная площадь, сколько реальный объем, в который входят как земное, так и воздушное и водное пространства рассматриваемого иерархического ранга; а во-вторых, территория рассматривается как арена

взаимодействия различных движущих сил и компонентов природы и общества, т.е. и как ресурс, и как особым образом организованное пространство.

Одной из наиболее важных особенностей геосистемы является высокая степень автономности и ее составляющих - как отраслевых (природа, население и хозяйство), так и территориальных. Высокая степень автономности компонентов геоэкосистемы и одновременно их взаимозависимость и взаимообусловленность позволяет квалифицировать геосистему как выраженную гомеостатическую систему, т.е. систему, динамическое равновесие внутри которой является важнейшим условием (или даже способом) ее существования. На основе этого, А.М. Трофимов, В.М. Котляков и др. (1994) вводят такое понятие как «проблема интересов в геоэкологических системах» и указывают на то, что любая экологическая ситуация является результатом взаимодействия и столкновения производственных, социальных и природных интересов. Преимущество подходов, основанных на признании объективно существующих в геосистеме интересов различного содержания, видится, прежде всего, в том, что они естественным образом подводят к понятию компромисса («договоренности»), поиск которого, в конечном счете, и является целью геоэкологических исследований.

Этот подход открывает, по мнению авторов, широкие возможности для содержательного анализа и объяснения моделей взаимодействия в геосистемах, т.к. выявление и описание этих интересов неизбежно предполагают исследование мотивов, движущих сил и целей, преследуемых при взаимодействиях с отдельными элементами геосистем и их подсистемами.

Модельным выражением геоэкологических исследований является геоэкологическое



картографирование. Оно предполагает учет разнообразных свойств территории по различным ее «средам» - природному, демографическому, техногенному, вертикально - пространственному, горизонтально - производственному и др. При этом строится своеобразный конфигуратор моделей изучаемого объекта, синтез которых выявляет его системное (эмерджентное) качество и оценивает его влияние на антропо-биоцентрическую подсистему изучаемого территориального выдела.

Многие авторы, предпочитая термину «геоэкология» термин «экологическая география», говорят о эколого - географических картах как картах, на которых совместно отображаются природные и социально - экономические явления, или, если быть более точными, пространственно - временные аспекты взаимодействия природы и общества (Рубенко, Бочковская; 1992). В данном случае можно говорить о том, что во многих случаях эти понятия используются как синонимы.

Картографирование, как метод пространственного анализа один из важнейших методов и средств, способствующих интеграции территориальных исследований, который сам по себе сейчас является глубоко системным научно – практическим процессом. С помощью картографического метода можно привязывать с требуемой пространственной детальностью и конкретностью географические информационные материалы к конкретной территории, фиксировать на карте установленные и исследуемые природные техногенные закономерности, получать выводы и оценки, характеризующие изучаемую территорию (Жуков, Новаковский, Чумаченко, 1999). В отличие от иных, более частных методов, он является «сквозным», т.е. применяется от начала до конца, при этом дает возможность обобщить всю интересующую нас информацию с точной территориальной привязкой и в форме, наиболее

приемлемой для сопоставления и анализа, обеспечивает преемственность всех этапов исследования и позволяет представить их результаты в том виде, который особенно предпочтителен для практического использования («внедрения») (Исаченко, 1990). Высокая информационная емкость (степень «уплотнения» информации) картографических материалов, достигаемая за счет совершенствования картографической знаковой системы; наглядность и доступность карт для непосредственного восприятия, пространственного анализа и обобщения делают картографический метод незаменимым в научных и прикладных исследованиях (Кочуров, 1999).

Экологические проблемы имеют четко выраженный аспект, что определяет важнейшую роль карты как документа, средства исследования. Карта, являясь описанием окружающей действительности и выполняя функцию носителя передатчика информации, является универсальным языком обобщения специалистов разных наук, участвующих в исследовании и решении экологических проблем (Смирнов, Шумкова, 1994). Анализ экологической обстановки неотделим от картографирования, поскольку карта является, незаменимым средством характеристики любых пространственно - неоднородных явлений (Стурман, 2000).

Еще с начала 70-х годов и до сих пор в теории картографии существует три концепции: познавательная (карта - модель), коммуникативная (карта - носитель информации), семиотическая (карта - знаковая система) (Свентек, 1999). Эти концепции нашли отражения в работах: (1) К.А. Салищева (1990), А.М. Берлянта (1978, 1985); (2) Л. Ратайского; (3) А.А. Лютого (1988), А.М. Берлянта (1985), А.Ф.Асланикашвили. Рубеж тысячелетия отмечен в отечественной

картографии выдвижением идеи формирования новой интегральной геоинформационной концепции, в которой центральное место займет общая теория геоизображений (Берлянт, 1978; Лютый, 1988).

Принципиальная возможность использования карты в качестве средства исследования заложена в том, что она является моделью действительности. А.М.Берлянт (1978) выделяет главные особенности и свойства картографической модели, которые делают ее столь притягательной и полезной для исследователей: абстрактность, избирательность, синтетичность, масштаб и метричность, однозначность, непрерывность, наглядность, обзорность, геометрическое подобие, географическое соответствие, логичность легенды.

Карта как модель обладает высокими информационными свойствами. Информация определяется не только «нагрузкой» карты, она проявляется в скрытом виде через отношения между изображаемыми явлениями (взаимосвязь, зависимость, структура, положение и т.п.). Именно эта информация, которую условно можно назвать «неявной», представляет часто наибольший интерес для исследователя.

Экологизация многих областей знаний не обошла стороной и картографию. Это не только создание новых по содержанию и назначению карт, но также внутренняя перестройка картографической науки и практики, смена концепции, подходов к отображаемым на картах объектам и способам их изображения (Смирнов, 1990).

Картографическая деятельность регулируется определенными нормами. От них зависит ее успешность. Это методологические установки, методы работы, применяемые технологии, технические средства, организация производства. Принципами конкретной творческой деятельности

- методологическими установками определяется способ отображения содержания на картах: выбор системы понятий, составляющих легенду карты, системы обозначений, являющейся письменным языком карты, правила генерализации и гармонизации изображения (Смирнов, Шумова, 1994).

Принципы устанавливаются в целях учета общенаучных и общеэкологических правил. Они должны быть сформулированы так, чтобы их соблюдение обеспечивало учет на создаваемых картах норм, законов, правил. Учет общенаучных правил предполагает согласование наблюдений по территории, во времени, по уровню исследований, степени обобщения, масштабу и языку. Среди общекартографических правил следует выделить общие принципы картографического моделирования, такие как подобие, системность, абстрагирование, конкретизация. Разработка исходных принципов экологического картографирования необходима потому, что их неопределенность создает предпосылки для размывания содержания карты (Стурман, 1995). Принципы экологического картографирования существенно различаются в зависимости от картографических объектов, назначения; территориального охвата (масштаба), возможных потребителей карт (Сальников, 1993).

Общенаучным принципом в географии, как в любой другой науке о Земле, является системный подход. Системный подход позволяет избежать главного недостатка научной дифференциации, разрывающей единый объект науки на его отдельные части. Само понятие системы уже указывает на связь изучаемых фактов в процессе системного познания, необходимость интеграции сторон, свойств и отношений, выявленных в процессе научной дифференциации (Жуков и др., 1999).

В основе построения любой карты экологической тематики лежит принцип системности, который позволяет рассматривать картографируемую территорию как целостный комплекс взаимосвязанных и взаимообусловленных компонентов (природа, население, хозяйство).

К общим принципам построения карт экологической тематики (в том числе геоэкологических) относятся: целевой, тематической полноты содержания, поэтапного моделирования, комплексности и избирательности, целостности, приоритета специфики содержания, таксономичности, сомасштабности, факторности, генерализации изображения.

Решая проблему геоэкологического картографирования, В.Т.Жуков, Б.А.Новаковский и др. (1999), исходили из определенных методологических установок и методических подходов. В общем плане они сформулировали их как набор следующих принципов.

1. Принцип системного анализа - синтеза требует учета и картографирования структуры, состава, функционирования, динамики и эволюции всех подсистем: природной, хозяйственной, населенческой.

2. Эволюционно - генетический принцип вытекает из требования системного подхода. Он отражает необходимость поиска временных и генетических характеристик изучаемых объектов, процессов и явлений в системе «природа - население - хозяйство», их анализа и картографирования,.

3. Факторальный подход направлен на поиск, выявление и исследование причинно - следственных отношений в указанной системе и ее отдельных блоков (т.е. выявление системообразующих связей).

4. Структурно - морфологический принцип нацеливает на изучение морфологических характеристик изучаемого объекта, его компонентного (элементарного) состава и суперпозиций между отдельными блоками - подсистемами.

5. Процессуально - динамический принцип отражает необходимость изучения процессов функционирования, энергомассообмена в системе и подсистеме триады «природа - население - хозяйство».

Приведенные принципы носят общенаучный характер. Важно подчеркнуть, что все они должны использоваться или, по крайней мере, учитываться в совокупности, дополняя друг друга. Лишь в этом случае может быть найдена, изучена и смоделирована наиболее существенная, системообразующая часть в геоэкологическом комплексе любого таксономического ранга.

Пространственный ряд экологических карт охватывает все иерархические уровни - глобальный и субглобальный, континентальный и крупнорегиональный, национальный, региональный, локальный и детальный (топологический). Они разворачиваются во всем диапазоне функциональных направлений: карты инвентаризационные, оценочные, прогнозные; карты рекомендаций и контрольные (в том числе мониторинга), а также познавательных и прагматичных аспектов - научно-справочные, справочные, учебные, пропагандистские, прикладного значения и др. (Лютый, 1999).

Анализ обширного массива карт экологической ориентации и содержания выявляет вполне сложившиеся тематические группы (классы) карт, которые могут быть положены в основание классификации их по содержанию, а именно.: 1) карты оценки природных условий и ресурсов для жизни и деятельности человека; 2) карты неблагоприятных и опасных природных

процессов и явлений; 3) карты устойчивости природной среды к антропогенным воздействиям; 4) карты антропогенных воздействий и изменений природной среды; 5) карты охраны природы и природоохранных мероприятий; 6) карты медико-географические; 7) карты рекреации; 8) карты экологические, эколого-географические, геоэкологические; 9) карты экологической инфраструктуры (станций и постов наблюдений и т.п.) (Лютый, 1999).

Среди географо-экологических, созданных к настоящему времени, можно выделить следующие группы: экологические карты природы; карты антропогенных воздействий и их последствий; карты экологического риска; общие экологические карты; карты охраны природы; карты экологического природопользования и т.д. (Комплексное экологическое ... , 1997)

Распределение карт по выделенным тематическим группам неравномерно. Анализ имеющегося массива экологических карт выявляет в нем ясно выраженную «тематическую асимметрию» (Камедчиков и др., 1993).

В целях осмысления опыта разработки экологических карт предпринимаются попытки их систематизации и классификации. В качестве критериев классификации используются разные основания, различные признаки и их сочетания. На высших уровнях классификации применяются универсальные критерии: содержательная концепция; степень интеграции информации (частные и общие, аналитические и синтетические, элементарные и комплексные); временные аспекты (карты современного, потенциального состояний, прогнозные). Классификации по основным критериям (тематическое содержание карт, функции, целевое назначение) исходят в основном из конкретного содержания карт, зависящего от целого ряда обстоятельств. Вторичные критерии классификации - масштаб,

территориальный охват, временная частота повторяемость), технология составления, формы разработки и картографического представления тесно связаны с основными.

Вопросы классификации экологических карт решаются неоднозначно в зависимости от того, на чем основываются классификации: на обобщении фактически существующих материалов, либо на теоретических предпосылках. Число классификационных признаков, на которых основываются или могут быть основаны те или иные классификации экологических карт, практически так же безгранично, как и число экологических проблем и подходов к их изучению (Стурман, 2000).

Несмотря на то, что в настоящее время выработано достаточно много оснований классификаций картографических произведений, все они должны отвечать ряду условий. Они должны создаваться по какому-либо определенному признаку (основание классификации), быть последовательными, т.е. постепенно подразделять обширные группы карт на более мелкие, быть полными и непротиворечивыми (Берлянт, 1985).

В.И.Стурман (1995) выделяет следующие требования к классификациям: последовательность перехода от общих понятий к частным; использование каждой ступени классификации четких критериев; равенство суммы узких понятий, на которые производится расчленение, исходному, широкому; четкость разграничения рубрик. Классификации могут носить в известной мере умозрительный характер, т.к. не на каждую рубрику в них могут найтись конкретные примеры. К тому же всякая классификация упрощает (схематизирует) действительность, т.к. предполагает проведение границ там, где может иметь место постепенный переход. В картографии это выражается в



объединении на одной карте сюжетов, которые могут относиться к разным рубрикам .

Классификации существующих экологических (геоэкологических) эколого-географических приводится в ряде работ (Жеребцова, 1994; Кочуров, 1999; Лютый, 1999; Камедчиков и др., 1993; Руденко, Бочковская, 1992; Сладкопевцев, 1990).

Обобщая существующий опыт, в качестве примера можно привести классификацию экологических карт Л.М. Коротного (1996) (с добавлениями), охватывающую практически всю совокупность важнейших их характеристик. Им выбраны следующие классификационные признаки с соответствующим содержанием карт. *По направлению:* биоцентрические, антропоцентрические и геоцентрические; *по полноте охвата связей:* частные, комплексные; *по содержанию:* факторов или условий, процессов, состояния, проблем, ситуаций, организации охраны природы и ресурсопользования; *по характеру представления информации и уровню анализа:* инвентаризационные, оценочные, прогнозные, рекомендательные и их варианты; *по предназначению:* базовые, оперативные, карты экспресс-информации; *по ячейке картографирования:* административная единица, ландшафт, бассейн, природо-хозяйственный, экологический или ресурсный, ячейка отсутствует; *по пространственному уровню, масштабу:* локальный (1:1000 – 1:25000), межрегиональный (1:250000 – 1:2500000), глобальный (мельче 1:5000000); *по категории пользователей:* научно-справочные, справочные, производственные, учебные; *по способу представления информации:* бумажные, электронные. Классификационные уровни представлены девятью таксонами с независимыми критериями (основаниями классификации). Каждому таксону соответствует определенный индекс. Классификационная

система является открытой, т.е. допускает появление новых таксонов, например, подклассов естественных и антропогенных факторов и т.п. (Трофимов, Кочуров, Петрова, Хазиахметова, 2003).

Для создания карт экологической тематики необходимо учитывать (Божилина, Сваткова, Чистов, 1999):

- цели, назначение и характер использования карт, иерархический уровень и тематику запросов потребителей;

- специфику решаемых задач экологического содержания, их сложность, комплексность, научную и прикладную направленность и практическую значимость;

- вид и характер источников исходно экологической информации, включая общегеографические и тематические карты, аэрокосмические материалы, данные стационарных, маршрутных, площадных наземных наблюдений, сетей экологического мониторинга и кадастра;

- пространственные и временные рамки картографирования, охват региональных или локальных явлений и процессов, их рассмотрение в одном временном срезе или во временной динамике;

- уровни агрегирования информации, диктующие использование на картах определенных видов и наборов показателей, создание карт аналитического, комплексного и синтетического типов;

- территориальную деятельность и содержательную глубину картографического анализа и синтеза, определяющих использование карт определенных масштабов;

- методику создания карт, включая разработку традиционных рукописных, издаваемых полиграфическим способом или электронных (компьютерных) карт и атласов.

При проектировании карт должны быть учтены, а при их составлении отражены:

- общий уровень экологического состояния природных комплексов и связанную с этим заболеваемость населения;

- природно-ресурсный потенциал картографируемой территории, виды и интенсивность его современного использования;

- размещение по территории объектов хозяйственной и иной деятельности, влияющих на природную среду и человека;

- оценка ущерба природной среде и здоровью населения, наносимого различными видами хозяйственной деятельности;

- факторы, лимитирующие дальнейшее развитие конкретных видов хозяйственной деятельности, определяемыми существующими нормативами по показателям качества природной среды и здоровья населения (Божилина и др., 1999).

По сложившимся традициям комплексного тематического картографирования любое описание процесса или явления через карту является укрупненным или модельно упрощенным. В конечном счете, как считают В.В.Воробьев, А.В.Белов, Б.А. Богоявленский и др., (1990), содержание карты определяется не жестко связанной схемой обобщения, из которой следует ее эколого-географическое (по определению авторов) назначение, а соображениями и интуицией самого исследователя.

Сложность построения карт экологического содержания состоит в нахождении обоснованной системы функций, выбираемой из множества реальных экологических связей, которые в ряде случаев заменяются общегеографическими (общеизвестными, общедоступными по информации, и просто исходя из наличия имеющихся данных), и устанавливаются на основе закономерного стремления упростить

представление структуры этой системы на карте. На это влияет принцип построения таких карт: преимущественно вертикальный (отраслевой), преимущественно горизонтальный (территориальный) и комбинированный. В современной практике преобладает комбинированный подход к отражению эколого-географических взаимоотношений (Воробьев и др., 1987). С методической точки зрения при эколого-географическом (ЭГ) картографировании систематизируются результаты многовариантных, детерминированных той или иной аксиоматической системой взглядов на проблему основных объектов, элементов или связей. При этом не предполагается статистической или функциональной независимости факторов (координат) экологического пространства. Поэтому основным методическим приемом составления таких карт является агрегирование – укрупнение отдельных элементов и связей и перевод в территориальной совокупности ограниченных до дискретных или условно осредненных величин. Фиксированный эксперт ЭГ условий достигается включением в число рассматриваемых только тех, которые, по мнению исследователя, отвечают критерию взаимозависимости. В таком виде это скорее искусство исследователя, нежели наука, т.к. решение требует введение заведомо некорректных ограничений. Основные из них: равноценность используемых данных, в действительности они неравно-информативны относительно экосистемы; чисто случайный характер информации и равная возможность всех ее составляющих сочетаний; большая и наиболее существенная часть используемой информации является недостаточно определенной. Следовательно, большинство обобщений в настоящее время преимущественно ориентируются на качественные методы анализа. Определение репрезентативного множества

эколого-географических условий развития того или иного объекта как системы требует отсева несуществующей информации. В настоящее время он производится на основе классификационного сопоставления, причем любые внешние условия часто задаются как свойство самого объекта - системы. Опыт показывает, что до  $\frac{3}{4}$  информации, якобы экологической по содержанию и теоретически отражающей важность влияния на экосистему, настолько опосредовано, что практически ею можно пренебречь.

Все это требует изменения методики составления таких карт, заключающего в предварительном приведении картографируемых зависимостей к тождественному эффекту, который устанавливается не сопоставлением некоторых величин, категорий классификации и существующих объектов, а на основании анализа условий, конкретизирующих независимость от среды вообще и более детальную композицию эколого-географических объектов, хотя их можно насчитать десятки тысяч (Воробьев, Белов и др., 1999).

Стратегия экологических исследований может быть различной в зависимости от того, анализируем ли мы уже выделенные экологические системы или синтезируем систему из изученных компонентов. Поскольку исходные позиции различны, разными будут методы и приемы картографирования. Но в любом случае необходимо содержание карт согласовывать по территории, во времени, по уровню исследования, степени обобщения, масштабу и «языку». Несоблюдение этих требований сводит экологические исследования и картографирование к решению отдельных, не связанных между собой задач и разрозненному показу отдельных фактов. Из знакомства с такими картами трудно получить представление о функционировании экосистемы в целом (Смирнов, Шумова, 1994).

Так как карты экологической тематики предназначены разным адресатам (исследователям, учащимся, населению, проектировщикам и др.), участвуют в различных операциях (обучении, пропаганде, планировании, управлении и т.д.), выполняют многообразные функции (информационные, иллюстративные и т.п.), они могут быть весьма разнообразными по содержанию и форме. Л.Е. Смирнов и О.В. Шумов (1994) предлагают (чтобы создание всех укладывалось в рамки некоторой теории) выработать веский «синтезирующий принцип», вытекающий из четкого определения науки экологии, но которого пока что нет. Между тем под давлением потребностей практики опытным путем вырабатываются правила и методы составления таких карт.

Уровень разработанности методик картографирования, наличие разнообразных рекомендаций, инструктивных и методических материалов, пояснительных записок напрямую связаны с количеством карт (Лютый, 1999). В настоящее время нет еще полной согласованности в методиках и правилах составления карт экологического содержания. Большинство из них интерпретационные. Это доказывает, что надо более тщательно подумывать, зачем и какая нужна карта (или их комбинация) и лишь после того приступать к их разработке (Воробьев и др., 1987).

Говоря о методах, необходимо отметить, что карты строятся на основе сбора, обработки и показа информации в картографической форме. Количественные характеристики в процессе съемки или заимствуются из материалов соответствующих ведомств. В случае отсутствия таковых используются относительные количественные характеристики в баллах, выделяя «слабое», «умеренное», «кризисное», «картографическое» развитие того или иного процесса, эталонные величины для которых

следует выработать на основе мониторинга или опыта их подробного изучения исследователями разных специальностей (Наумов, 1993; Кочуров, 1999) считает, что разработаны два алгоритма составления карт при достаточном информационном обеспечении и при отсутствии необходимых данных. В первом случае используется метод формализованных оценок, во втором - метод географических экспертных оценок.

В.С. Тикунов и Л.Ф. Январева (1995) также указывают на то, что, переплетаясь в различных вариантах тематического содержания; ЭГ (как и все другие) карты могут создаваться с использованием множества разновидностей методик с их специфическими нюансами, определяющими технологию. Но, прежде всего, это сбор данных и их «привязка» к территории. Территориальная упорядоченность данных важна не только с точки зрения унификации их сбора, но и установления оптимального соответствия размерам исследуемых систем.

Учитывая различную степень информационной обеспеченности данными по экологическому состоянию территории многие исследователи (Исаченко, 1992; Котляков и др., 1990; Стурман, 1994) различают следующие типы объектов пространственной «привязки» (локализации) информации для экологического картографирования:

1) административно-территориальный (административные районы, города и другие населенные пункты областного и районного подчинения);

2) геосистемный (ландшафты, водосборные бассейны, компоненты природной среды, техногенные территориальные образования);

3) мониторинговый (конкретные точки земной поверхности, линии/маршруты обследований, площади съемок).

Далеко не всегда этот выбор соответствует объективным связям, процессам и закономерностям в системах природа – общество. Г.А. Исаченко (1992) выделяет принцип организации и анализа экологической информации на ландшафтной основе, но применение гео-комплексной (ландшафтной) основы не получило пока широкого распространения. Это связано с отсутствием кондиционных ландшафтных карт для ряда регионов, трудоемкостью их создания, а также организацией статистической информации в основном по административным единицам.

В пределах урбанизированных территорий, являющихся первоочередными объектами экологического картографирования, внедрение ландшафтно-географического подхода осложняется в связи различием принципов выделения городских и естественных ландшафтов. Самый неудачный способ организации и анализа экологической информации - по сетке административных единиц (районов, областей), но он является наиболее простым, т.к. статистические показатели обычно приводятся по административно - территориальным единицам. Бассейновый подход (бассейны порядков I-, II-го и т.д. по классификации Стралера-Философова, а также разделяемые ими межбассейновые пространства) наиболее удобен, когда в число объектов картографирования входят водные экосистемы и экзогенные процессы рельефообразования. В то же время характеристика единого в ландшафтном отношении водораздела может оказаться искусственно расчлененной. Тем не менее, бассейны невысоких порядков (например, III-го) могут быть и оптимальной единицей для среднемасштабного картографирования в связи с их ландшафтной однородностью и совпадением с контурами земледельческих хозяйств при долинном типе расселения. Отсутствие



территориальных единиц при непрерывной количественной характеристики на основе применения способа изолиний - еще один вариант решения вопроса об операционно-территориальных единицах (ОТЕ). Ландшафтная основа в этом случае должна быть использована для учета географических закономерностей при интерполировании и, таким образом, может присутствовать на карте в неявном виде (Стурман, 1994; Кочуров, 1999).

В.С. Тикунов и Л.Ф. Январева (1995) также считают, что привязка к ландшафтной основе дает хорошие результаты, но особенно перспективно для создания синтетических экологических карт использование образований, которые понимаются в настоящее время как антропогенно-природные системы. Они определяются как ограниченные в пространстве–времени комплексы, сложившиеся в результате социально - экономической деятельности населения на конкретной территории с присущей ей свойствами географического положения и всех особенностей географической среды, включая и чисто антропогенные, и чисто природные объекты и явления. Для получения интегральных характеристик, дающих информацию по различным территориальным выделам, в том числе антропогенно-природным системам, применяются статистические алгоритмы классификации на основе комплексов, характеризующих антропогенно-природные системы показателей.

По мнению В.М. Котлякова, Б.И. Кочурова и др. (1990) универсальных рецептов здесь нет, т.к. все определяется поставленной задачей, конкретными условиями территории, имеющейся информацией.

В комплексном мелкомасштабном эколого-географическом картографировании сегодня сложилось, по крайней мере, несколько подходов (соответственно методик) к разработке

содержания карт. Эти подходы различаются по главным, принимаемым для карт объектам картографирования, определяющим для них «единицы организации содержания», а отсюда и обеспеченность и сложность получения необходимой информации: 1) ландшафтно-экологический, при котором основным объектом организации содержания (и оценки) выступает природный (природно-антропогенный) территориальный комплекс, ранг и размерность которого определяет масштаб карты (исследования); 2) формально-экологический, при котором основным объектом организации содержания выступает административное территориальное образование или какая-либо ячейка формального пространственного членения территории, удобная с точки зрения органов управления; 3) проблемно-экологический, при котором основным объектом организации содержания выступает экопроблемный (экоsituационный) ареал, выделяемый в результате анализа и оценки территориальных сочетаний различных природных и антропогенных факторов; 4) инвентаризационно – (информационно) – экологический, при котором каждый элемент содержания карты отражается в своих единицах картографирования и показателях (Лютый, 1999).

Н.А.Жеребцова (1997) предлагает территориальные единицы объединить в два вида районирования: индивидуальное (выполняемое специально для данной карты) и исходное, так называемого «жесткого» каркаса (ландшафтных выделов, контуров использования земель, регулярных сеток, бассейнов, административных единиц и т.д.). При выборе индивидуального районирования, оценочная процедура проводится сначала при определении контурной сетки индивидуальных выделов, для которых далее проводятся оценки их состояния с помощью

разработанных шкал, специальных приемов и допущений конкретной методики. По данным автора, при выборе операционных территориальных единиц на российских картах установлено преобладание ландшафтных выделов (33%), далее идут контура использования земель и индивидуальные выделы (по 22%), регулярные сетки и административные единицы (по 11%). На зарубежных картах преобладает использование индивидуальных территориальных выделов.

Отдельные результаты поисковых исследований уже нашли воплощение в практических разработках. Эколого-ландшафтный подход положен в основу эколого-географической карты Российской Федерации масштаба 1:4000000, созданной в 1991г. Эколого-проблемный подход был использован в Институте географии РАН при разработке ряда карт экологических ситуаций бывшего СССР, России и ее отдельных регионов, стран СНГ и мира в 1989-2002 гг.: «Наиболее острые экологические ситуации в СССР» (1:8000000, 1989г.); «Карта риска возникновения чрезвычайных экологических ситуаций на территории России» (1:8000000, 1992г.); «Районирование территории России по степени экологической напряженности» (1:8000000, 1993г.); «Состояние окружающей природной среды Российской Федерации» (1:8000000, 1996г.); «Комплексное районирование территории России по экологической и социально-экономической ситуации» (1:8000000, 2002г.) и др.

Говоря о разнообразии методик создания карт экологического содержания, прежде всего, следует отметить их многовариантность, зависящую от поставленной цели; тематического содержания карты; выбора субъекта и объекта, картографирования; масштаба; выбора критериев оценки; выбора операционно-территориальной единицы; принципа комплексирования (получение

синтетических оценок); формы исходной информации.

Наиболее сложным при составлении карт оценки экологического состояния, является получение интегральных показателей. В этом случае пользуются бальной оценкой, выражая вес отдельных частных оценок в условных баллах на основе экспертных суждений. Для этой же цели широко используется формальный аппарат факторного анализа, метода главных компонент, огромного числа многомерных моделей классификации, а также алгоритмы, специально разработанные для создания оценочных карт. При оценках принимается, что чем сильнее выражены результаты антропогенного воздействия, чем больше загрязнение, тем хуже экологическое состояние объекта.

В последнее время в исследовательской практике вообще и в картографировании в частности, большое внимание уделяется анализу и картографированию экологических (геоэкологических) проблем и ситуаций. Особое значение при этом придается картам проблемных или кризисных экологических ситуаций, показывающих остроту обстановки и пригодных для принятия решений.

Также большое развитие получает анализ риска как метод оценки и прогноза экологической ситуации. Этим вопросам посвящено множество публикаций (см. напр., Кочуров, МIRONЮК, Антипова и др., 1993). Центральным пунктом беспокойства выступает ухудшение состояния здоровья вследствие ухудшения качества среды под влиянием антропогенной деятельности. Основу отбора картографируемых «обстоятельств» составляют актуальные (современные, проявившиеся) или потенциальные (возможные) последствия для людей (индивида (личности), группы людей, населения, человечества). Эти проблемы нашли отражение в

изданных и готовящихся к изданию картах: «Наиболее острые экологические ситуации в СССР», «Карта риска возникновения чрезвычайных экологических ситуаций на территории России», «Районирование России по степени экологической напряженности», «Интегральная карта интенсивности проявления природных и техногенных ЧЭС на территории Республики Татарстан» и ряда других.

В.С.Преображенский (1990), рассматривая источники множественности экологических карт, справедливо считает, что на одной карте нельзя отобразить все многообразие экологических ситуаций и проблем, необходимо создание серии экологических карт. Этого же мнения придерживаются и многие другие исследователи.

Что касается серии экологических, геоэкологических карт, то это, согласно классификации карт по видам, должна быть серия, содержащая как аналитические, так и комплексные и синтетические карты.

В.С.Тикунов и Л.Ф.Январева (1995) указывают на то, что создание синтетических эколого-географических карт с их большим разнообразием тематического содержания должно быть связано с вопросами многовариантности моделирования. Многовариантность может проявляться на всех стадиях моделирования:

- на этапе его информационного обеспечения (возможно использование различных массивов данных для характеристики одного и того же явления);

- переработки данных (возможность обработки одного информационного массива па различными алгоритмам);

- отображения результатов (возможность отображения результатов моделирования различными способами картографического изображения).

Наиболее многостороннюю экологическую характеристику территории дают комплексные геоэкологические, опирающиеся на широкий спектр системных показателей - природных, социально экономических, демографических.

Комплексное экологическое картографирование может осуществляться в трех основных видах:

1) отдельные комплексные экологические карты территорий и акваторий;

2) серии взаимосвязанных карт экологического содержания предпочтительно в едином масштабе;

3) экологические атласы, как единые по замыслу, внутренне целостные картографические произведения.

Создание комплексной карты путем механического наложения различных показателей (биоклиматических, медико-географических) с последующей суммарной бальной оценкой, представляется несостоятельной. Такие показатели как, например, содержание нитратов и пестицидов в почве, вредных примесей в атмосфере должны составлять содержание аналитических карт, элементы которых могут быть источниками для составления комплексной карты, но в результате их наложения комплексная карта не получится. Путь к созданию такой карты лежит через синтез многих показателей (Исаченко А., 1993).

Методика разработки комплексных карт экологической тематики заключается в предварительной разработке серии вспомогательных карт, на основе которой строится комплексная карта. Для облегчения процесса картографирования могут быть построены схемы последовательности обработки информации, на которых показывается последовательность обработки и вид обрабатываемой информации и схемы составления вспомогательных карт. В роли

вспомогательных карт выступают карты оценки как природной, так и социально-экономической подсистемы географической среды с системой основных показателей, а также карты особо охраняемых природных территорий и акваторий.

Сложность содержания комплексных карт заключается не только в их поэтапном создании, но и в необходимости привлечения больших массивов самой разнообразной информации: картографической, статистической, материалов измерения. Комплексные карты должны послужить базовым картографическим документом, представляющим информацию об экологическом состоянии природной среды на разных территориальных уровнях (Комплексное экологическое ... , 1997).

В качестве примера можно привести комплексную эколого-географическую карту России масштаба 1 :4000000, созданную в 1991 г. группой разработчиков МГУ, Санкт-Петербургского университета и Института географии СО РАН. Тематика вспомогательных карт оценки состояния природной среды (с системой основных показателей для оценивания состояния среды) включает в себя: состояние среды в промышленных, селитебных, транспортных пунктах и сетях; состояние земель; состояние сенокосов и пастбищ; состояние лесов; состояние водных объектов. В качестве базовых карт использовались карты «Использования земель» и «Общенаучная ландшафтная» (Пояснительная записка..., 1996).

В последнее время при разработке карт экологической тематики большое внимание уделяется использованию методов комбинаторики. Использование элементов комбинаторики применяется в сочетании с другими методами, не подменяя их и не конкурируя с ними. Картографируемая территория характеризуется набором параметров, которые

могут изменяться в зависимости от методики картографирования. Элементы комбинаторики позволяют представить все возможные комбинации выбранных показателей и маневрировать ими в зависимости от цели исследования, тем самым достигается комплексная оценка. При картографировании состояния среды часто имеет значение не только перечисление выбранных показателей, но и определение их веса. Для отображения этого на карте, во многих методиках ранжируется и проставляется приоритетность соответствующих условных обозначений, когда важна их последовательность. Очевидно, что применение приемов комбинаторики и соединения «перестановка», позволит наиболее полно раскрыть такой важный критерий для характеристики состояния среды как порядок выбранных факторов.

Особенно перспективно применение комбинаторики для разработки электронных методов создания экологических карт. Применение методов комбинаторики позволяет добиться многовариантности создаваемых карт, повышает их информационную емкость и снижает затраты времени на их подготовку (Жеребцова, 1997). Преимущество такого метода заключается также в том, что он позволяет сочетать такие требования к картам, как максимальную информационную насыщенность с минимальной графической нагрузкой. При помощи элементов комбинаторики в Институте географии РАН составлена целая серия географических карт.

Если говорить о геоэкологических картах, как картах, отражающих определенную систему взаимоотношений (процессы взаимодействия) природы, населения и хозяйства, то логично предположить, что на таких картах должна быть отражена как природная, так и антропогенная (в



том числе техногенная) составляющая географической среды .

Многообразие антропогенных воздействий и их экологического эффекта требует продуманного отбора наиболее существенных показателей, применение широкого набора изобразительных средств – штриховок, структурных диаграмм, немасштабных и линейных знаков (Исаченко А., 1993). С картографированием антропогенной составляющей связано два аспекта. Нанося на карту очаги и объемы загрязнений, мы характеризуем лишь «входы» в сложные природные системы, а в настоящее время актуальной задачей является картографирование так называемых «выходов», экологических последствий антропогенных воздействий, для которых пока еще недостает надежных данных (Исаченко Г., 1992).

На современном этапе предпочтение отдается картографированию причин (факторов, источников) антропогенных экологических аномалий. Такой подход отвечает требованию объективизации содержания карты, придает ей документальный характер, указывая на непосредственные источники экологической опасности. Результаты же последующих исследований, т.е. последствий («выходов»), могут быть отражены на специализированных (аналитических) картах, дополняющих и развивающих содержание базовой (Исаченко А., 1993).

Все факторы антропогенного воздействия на природную среду можно разделить с точки зрения выборов способов их картографирования на две группы: площадные (фоновые) и точечные (очаговые). Фоновые воздействия связаны главным образом с характером использования земель. На практике фоновыми воздействиями приходится считать те, которые выражаются в масштабе карты контурами. Нередко при этом удастся изобразить не только тип, но и

интенсивность использования земель. Возможности обогащения характеристики возрастают по мере увеличения масштаба и уменьшения размеров картографируемой территории. Что касается изобразительных средств, то наиболее приемлемы цветные штриховки и фоновые значки. Очаговыми воздействиями с известной условностью можно считать такие источники, которых выражаются на карте в виде точки. Они связаны в основном с урбанизацией и промышленным производством. Кроме того, сюда можно отнести линейные техногенные аномалии; обусловленные воздействием транспорта (в том числе нефте- и газопроводного). Помимо обычных немасштабных и линейных условных знаков, удобны и наглядны структурные круговые диаграммы; позволяющие детализировать характеристику очагов техногенного воздействия (количество вредных выбросов, их источники или ингредиенты) (Исаченко А., 1993).

Карты, характеризующие различные процессы и основанные на моделях ответных реакций, сценарных подходах к развитию экологической ситуации, логично создавать на компьютерной картографической основе. Лучшим конечным продуктом подобного картографирования могут стать экологические атласы территорий, включающие в себя аналитические, комплексные и синтетические экологические карты, выполняемые как с использованием традиционных технологий, так и в электронном, компьютерном виде. К настоящему времени необходимость концентрации усилий и в традиционной области картографирования, и в компьютерной стала очевидной.

Содержание геоэкологической (эколого-географической) карты суммируется из специализированной основы (базового слоя),

организующей содержание карты и тематической нагрузки. Это обстоятельство, по мнению Л.Е. Смирнова, О.В.Шумовой (1994), приходится учитывать во всем, начиная с легенды. Насколько удачно составлена карта, можно судить по тому, представляет ли собой легенда связную систему. Чаще всего этого не получается, картографическая основа выбирается вне связи ее содержания с экологической нагрузкой. Этот недостаток стараются преодолеть, избирая в качестве основы тематические карты, например, почвенные или ландшафтные. Но тогда возникает необходимость в согласовании изображений, во-первых, в графике и условных изображениях, во-вторых, в содержании.

В настоящее время в качестве базового слоя используются: ландшафтные карты (физико-географического районирования); карты, использования земель; ландшафтные совмещенные с использованием земель; карты бассейнов рек; общегеографические.

В компьютерном картографировании широко практикуются «разъятые» карты, состоящие из базового и накладывающихся информационных слоев.

Особенно важное значение при картографировании имеет выбор масштаба карт, в связи с возможным и необходимым уровнем обобщения изображения. На этот счет опубликованы рекомендации, в которых, однако, нет единства. Предлагаемые ряды масштабов выведены из чисто формальных соображений, в подражание масштабным рядам общегеографических карт. Нельзя также исходить лишь из объема имеющейся экологической информации. Масштаб карт прямо связан с характером картографируемого объекта, явления или процесса. Общий принцип таков: карты источников загрязнения среды - крупного масштаба, карты путей переноса загрязняющих

веществ - среднего масштаба, карты ареалов загрязнения мелких масштабов.

Среди экологических карт В.И.Стурман (1994) выделяет три масштабные группы, различающиеся по территориальному охвату, назначению и способам создания. За образец принимается система геологического картографирования.

1. Мелкомасштабные карты (мельче 1:1000000). Составляются на основе обобщения карт более крупных масштабов и различных публикаций. Основные способы изображения - значковый, линейный и способов ареалов. Основное содержание - пространственная локализация экологических ситуаций разной степени остроты.

2. Среднемасштабные карты (1:100000 - 1:500000, главным образом 1:200000). Охватывают отдельные республики и области; могут составляться по листам международной разграфки. Основными исходными материалами должны служить статистические отчеты предприятий, данные стационарных наблюдений гидрометслужбы и постов наблюдения за загрязнением атмосферы. Основной картируемый показатель - кратность превышения естественного фона (или, как вариант, ПДК) применительно к единицам территориального районирования (речным бассейнам определенных порядков, урочищам и т.п.). Основными способами изображения для среднемасштабных карт должны стать картограммы в сочетании со значками, линейными знаками и ареалами для пространственной локализации острых экологических ситуаций.

3. Крупномасштабные карты (1:50000 и крупнее). Охватывают урбанизированные территории и другие зоны локализации экологических проблем. Основными исходными материалами должны служить результаты съемок с соответствующими видами опробования, с

учетом специфики территорий (спектральный, спектрально-флуоресцентный, рентгеноспектральный и другие анализы на тяжелые металлы, углеводороды, пестициды и др.). Опробованию подлежат почвы, донные отложения, растительные ткани, снег. Основным способом изображения на крупномасштабных картах должны быть изолинии. Прообразом крупномасштабных экологических (геоэкологических карт можно считать эколого-геохимические карты городов и горно-промышленных районов.

4. Картографические произведения масштаба 1:5000 и крупнее относятся к планам (Берлянт, 1985).

Для карт разного масштаба и назначения возможно применение: разных территориальных единиц картографирования (речные бассейны разного порядка, единицы ландшафтного районирования); различных методов сбора информации (статистическая отчетность; экспедиционные исследования, мониторинг); разнообразных способов картографических изображений (картограммы, изолинии) (Стурман, 1995).

Информационная обеспеченность картографических работ включает в себя характеристику всех исходных показателей и материалов, которые можно использовать при проектировании и составлении карт экологической тематики. Исходная информация, привлекаемая для целей экологического картографирования, весьма неоднородна для различных территории, а также отображаемых объектов и аспектов их экологической характеристики. В общем же виде классификация источников экологической информации представляет собой;

1) характер источника информации (картографическая, аэрокосмическая, статистическая, описательная);

2) период временного охвата (долгосрочная, среднесрочная, текущая, сезонная, оперативная, экстренная);

3) объект «привязки» информации;

4) степень сплошности по территории;

5) характер объектов «привязки» информации и т.д.

Каждый отмеченный в ней тип информации, в свою очередь, может иметь еще более дробные деления,

Экологическая информация крайне многообразна как по происхождению, так и по содержанию. Она поступает из официальных и неофициальных источников, добывается в результате исследований с использованием различных методов.

Использование ранее созданных тематических карт в качестве источника информации об экологической обстановке оправдано лишь в части, касающейся наиболее устойчивых во времени характеристик. Во всем остальном более целесообразно обращение непосредственно к картографическим источникам. Любой картографический источник является первичным или вторичным по отношению к результатам исследования, проведенного тем или иным методом. Источники информации об экологической обстановке могут быть поделены по:

–ведомственной принадлежности (материалы государственных органов, предприятий, научно-исследовательских учреждений, коммерческих организаций);

–научным методам и техническим приемам, использованным при получении информации (дистанционное зондирование, экспедиционные и стационарные исследования загрязненности компонентов природной среды, состояние биоиндикаторов).

Получение и территориальная интерпретация объективной информации об экологической обстановке представляет собой задачу экологического картографирования (статичная часть показателей) и мониторинга (динамичная часть показателей).

Быстрое развитие карт экологического содержания приводит к относительно быстрому их моральному устареванию, в особенности, в части концептуально-теоретических методических оснований их построения. Это важно принимать во внимание при анализе таких карт как источников экологической информации и образцов для последующего воспроизведения (Лютый, 1999).

Технология эколого-географического (геоэкологического) картографирования в отличие от ее теоретико-методических основ развивается значительно быстрее, преимущественно за счет внедрения новых технико-электронных систем. Следуя за экологией и географией, картография от элементарной, переходит к комплексной и постепенно становится системной. Эпизодическое картографирование экологических ситуаций меняется на периодическое и, вероятно, станет непрерывным, входя составным компонентом в систему экологического мониторинга.

Любые методы и технология создания карт должны давать надежный результат. Чтобы геоэкологические карты соответствовали своему назначению, содержание их должно быть достоверным, полным и точным, т.е. надежным в такой мере, в какой позволяет масштаб изображения, а получаемая с них информация - широко доступной и правдивой. Именно это является самым слабым местом современного экологического картографирования. Точными должны быть сведения об уровне загрязненности и концентрации загрязняющих веществ, площади и очертаниях загрязненной территории, местоположении источника загрязнения. Не-

которые из этих сведений даются приближенно, а временами просто недостоверно. Причин тому две: во-первых, малодоступность (порой умышленная) данных; во-вторых, плохое знание реальных природных условий и особенно принципов функционирования конкретных природных систем. Полнота картографического описания экологической ситуации может быть различной: от полностью исчерпывающей предмет картографирования до поверхностного описания. Строго говоря, полнота картографического воспроизведения может быть теоретически максимальной, дескриптивной (т.е. в рамках избранных понятий) и прагматической, определяемой практическими возможностями. (Смирнов, Шумова, 1994).

При организации экологического картографирования возникает еще одна проблема - это информационное обеспечение и постановка мониторинга. Когда возникает необходимость в непрерывном наблюдении за состоянием природной среды, действующих и размещенных в ней технических объектов, и в корректировании их взаимоотношений, оперативное картографирование становится элементом мониторинга. Картографический мониторинг – это система, построенная как обратная связь в экосистеме человек - природа, позволяющая контролировать воздействие на среду и предупреждать ее обратное воздействие на людей. Задача экологического картографирования при этом состоит, во-первых, в регистрации хода природных процессов и явлений; и во-вторых, в описании последствий стихийного и регулируемого техногенного воздействия на среду (Смирнов, Шумова, 1994).

Общая задача геоэкологического картографирования - обеспечение всех сторон жизни общества достоверной экологической информацией в доступной наглядной



пространственной форме. Эта задача трудна не только теоретически и методически, но достаточно сложна технологически и организационно. Однако она должна быть решена, т.к. картографии предстоит сыграть важную роль в создании системы рационального природопользования.

#### **4.2. Эколого-экономическое районирование как аспект управления состоянием региона. Подходы к составлению карт\***

Эколого-экономическое районирование - сложный процесс, основанный на синтезе огромной информации, прежде всего на изучении связей явлений природы, расселения, труда и миграций населения, хозяйства, науки, культуры и т.д. Именно потому, что это районирование отражает территориальную сторону развития связей явлений, оно и служит целям управления различными процессами, так как управление есть связи, приведенные в действие.

Картографирование - как метод пространственного анализа - один из важнейших методов и средств, способствующий интеграции территориальных исследований, который сам по себе сейчас является глубоко системным научно-практическим процессом.

Эколого-экономическое картографирование в наибольшей степени связано с обобщением большого массива информации, с ее точной территориальной привязкой в наиболее удобной для сопоставления и анализа форме. Высокая информационная емкость таких карт, наглядность и доступность делают их незаменимыми в научных и прикладных исследованиях.

Рассмотрим аспекты такого картографирования на примере Татарстана.

---

\* В написании раздела принимали участие Д.З.Кучерявенко, Г.Н.Булатова

Первая экологическая карта Республики Татарстан появилась в результате работы сотрудников Института экологии природных систем (ИЭПС АН РТ) под руководством к.г.н. Р.С.Петровой (1994 г.). В основу карты были положены следующие показатели: промышленный потенциал, плотность населения, сельскохозяйственная освоенность территории, количество внесенных минеральных удобрений, эродированность почв, лесистость территории, водообеспеченность, степень использования водных ресурсов, степень нагрузки по сточным водам, загрязнение почв радиоизотопами и тяжелыми металлами, степень нагрузки по загрязнению атмосферы (всего 11 показателей). Судя по легенде карты, все используемые показатели можно условно разделить на 3 основных блока:

Природно-экологический:

- состояние водных ресурсов (степень использования водных ресурсов); степень нагрузки по сточным водам; водообеспеченность.
- состояние атмосферы: степень нагрузки по загрязнению атмосферы.
- состояние почвенного покрова (загрязненность почв радиоизотопами и тяжелыми металлами; эродированность почв; количество внесенных минеральных удобрений).
- состояние лесных ресурсов (лесистость территории).

Экономический блок:

- промышленный потенциал;
- сельскохозяйственная освоенность территории.

Социально- демографический:

- плотность территории.

Оценивая каждый из показателей в баллах, а затем суммируя их в масштабе ОТЕ (административного района) были выделены следующие экономические район. (см.рис.1). Однако в целом составление карты носило

«наивный» характер с точки зрения методики районирования: все показатели оценивались авторами в баллах без какого-либо «взвешивания», а затем суммировались в пределах выделенных ОТЕ, что с математической точки зрения явное нарушение, т.к. «веса» показателей были несопоставимы. Полученное суммарное значение баллов и являлось основанием отнесения соответствующих ОТЕ к той или иной группе по экологическому признаку.

Как бы там ни было, это была первая попытка составления комплексной экологической карты РТ.

В 1980 г. вышла работа А.И.Умова и В.А.Кормачева, посвященная методологическим основам системного подхода к эколого-экономическому прогнозированию. После выхода этой работы возник сущностный эколого-экономический подход, суть которого заключалась в том, что исследованию и управлению подвергается некоторая целостность - эколого-экономический объект. Понятие «эколого-экономический объект» используется как теоретическая экспликация системообразующих процессов, устанавливающая связь специфических явлений взаимодействия экономики и экологии.

Эта идея была опубликована и ранее (Мелекшин, 1975; Мелекшин, Зайцев, Маринов, 1979), однако сообщество ученых еще не готово было воспринимать ее как исходную. И только после создания Международного общества под эгидой Мирового банка в Вашингтоне в 1990 г. и выхода пионерной работы экономиста банка А.Дейли и Дж. Кобба «The Common Goods» в 1989г., где были предложены новые методики экономических сдвигов, к жизни получила новая дисциплина - «экологическая экономика». Примерно к этому времени относится формулировка в Японии так называемого «закона двух Э: экология и экономика», смысл которого

заключается в том, что рассматривать эти составляющие по отдельности нецелесообразно. Гораздо более важен эффект их оценки сочетаемости, совместности, взаимодействия.

В 1990 г. А.М.Трофимов и Е.Л.Любарский предложили рассматривать процессы функционирования, развития, а также моделирование и управление на базе комплексных эколого-экономических систем. Затем было издано учебно-методическое пособие «Социальная экология. Комплексные эколого-экономические системы» (Трофимов, Любарский, 1991) с разработкой методологии и методики этого изучения.

В дальнейшем, в ИЭПС АН РТ была предпринята попытка пересмотреть содержание карты РТ той же группой сотрудников под руководством Р.С.Петровой и А.М.Трофимова. Так появилась карта «Республика Татарстан. Экономическая карта» (1997), где фоном для экономической нагрузки служили вновь выделенные, но уже комплексные эколого-экономические районы, а в 2000 г. появилась монография, описывающая всю процедуру построений (Мишина, Петрова, Трофимов и др., 2000). В качестве основных диагностических признаков были выбраны четыре основные группы показателей:

1.Промышленный блок - промышленный потенциал, разработка месторождений нефти, коэффициент нагрузки сточных вод, загрязнение атмосферного воздуха;

2.Сельское хозяйство - сельскохозяйственная освоенность, внесение минеральных удобрений, вынос биогенных элементов, коэффициент загрязнения почв изотопами, коэффициент загрязнения почв тяжелыми металлами;

3. Социальный блок - плотность населения, заболеваемость населения, коэффициент

использования водных ресурсов, транспортная нагрузка;

4. Природный блок - эродированность почв, водообеспеченность, состояние экологической обстановки, природно-ресурсный потенциал (всего 17). Обработка данных осуществлялась с помощью процесса «взвешивания» значений отдельных показателей (Шкурков, 1967), а затем определения суммы взвешенных баллов в каждой ОТЕ. Эти значения в дальнейшем легли в основу определения трендовой (базовой) поверхности значений признака, а также и областей локальных напряженностей экологической ситуации («поверхности отклика»). Затем с помощью процедуры математической статистики «хи-квадрат» определялись изолинии вероятности ( $P$ ) проявления событий, при этом территории, оконтуренные изолиниями, соединяющие равные значения показателя: при  $P_3=0.999$  оконтуренные территории относились к критическим, при  $P_2=0.990$  - к относительно неустойчивым; при  $P_1=0.950$  к достаточно устойчивым.

Надо сказать, что в скором времени в 2002 г. в Институте географии РАН появляется карта «Комплексное районирование территории России по экологической и социально-экономической ситуации» (масштаба 1:8000000), под редакцией В.М.Котлякова и Н.Ф.Глазовского, где выделяются экологические районы (экорегiónы) по степени экологической напряженности с учетом природно-ландшафтных и антропогенных факторов, а в пределах границ субъектов РФ каждого экологического района дана характеристика социально-экономических и медико-демографических показателей. Впервые в методику построения подобных карт вносятся существенные новинки, предложенные Б.И.Кочуровым и др. - комбинаторика буквенных обозначений, существенно дополняющих информационный потенциал комплексных карт.

К этому времени серьезное дополнение в содержательный аспект карт КЭЭС вносят и казанские географы. В Казанском университете была сделана попытка отразить особенность сочетания промышленности и выявить ареалы наиболее интенсивного воздействия на среду, правда, на примере локального региона – Приказанского (Трофимов, Хузеев, Комарова, Рубцов, 1999), но с использованием новой методики оценки сочетания экономики и экологии. В основу интегральной оценки промышленного воздействия на окружающую среду (ОС) в Приказанском регионе была положена модернизированная методика оценки интенсивности техногенных воздействий на ОС. Оценка экологической опасности отраслей предполагает учет таких показателей, как ресурсоемкость, землеемкость, отходность производства с учетом токсичности выбросов в воздушную среду и водоемы. Абсолютные показатели водоемкости, землеемкости, отходности необходимо было сопоставлять с численностью промышленно-производственного персонала (ППП) для более реальной оценки вклада каждой отрасли в общую техногенную нагрузку. Соотнесение этих данных с соответствующими показателями для промышленности в целом позволяет охарактеризовать интенсивность воздействия отдельных отраслей. На основании полученных индексов и при равном их весе исчисляется индекс экологической опасности отрасли. Оценка интенсивности техногенного воздействия отдельных отраслей на ОС позволила выявить особенности слагающих общей величины такого воздействия и ее территориального распределения в пределах Казанской пригородной зоны. В это же время в ИЭПС АН РТ проведены работы по изучению, анализу и картографированию чрезвычайных ситуаций на примере РТ

(Трофимов, Литовка, Шанталинский, 2002), а затем в Производственном объединении «Картография», 2002; ред. А.М.Трофимов была опубликована «Карта Республики Татарстан. Предрасположенность территории к проявлению неблагоприятных ситуаций» (рис. 2).

В Казанском университете сотрудниками кафедры экономической географии и регионального анализа (А.М. Трофимов, Д.З.Кучерявенко, Р.Р.Валиахметов) проводятся работы по эколого-экономическому районированию территории РТ. Впервые изложены две версии комплексного эколого-экономического районирования, включающие в себя все возможные пути и варианты идентификации территории. Одна из версий - наложение карт повторяло метод, предложенный в «Экологической карте РТ» (ИЭПС АН РТ). Вторая поисковая, где авторами предложена методика выделения эколого-экономических районов с различной степенью состояния эколого-экономической ситуации на основе использования методов пространственного и факторного анализа (Кучерявенко, 2002).

Метод факторного анализа позволяет решать целый ряд задач, при этом в число основных входят: характеристика интенсивности изменений в уровнях показателей от периода к периоду; определение средних значений изучаемых параметров, выявление закономерностей изменений во времени и пространстве; изменение факторов, детерминирующих динамику явлений в складывающейся ситуации и т.д. В качестве базы данных использовалась система социо-эколого-экономических показателей (всего 58), характеризующая особенности экологической обстановки, промышленного и сельскохозяйственного производства, транспортного комплекса, социальной сферы территории Республики Татарстан. Результаты

группировки районов с различной степенью состояния эколого-экономической обстановки, проведенные с помощью метода факторного анализа, позволили выделить на территории республики 5 групп районов, имеющие высокую, выше среднего, среднюю, ниже среднего и низкую степень эколого-экономической обстановки. На основе разработанной методики впервые предложена типология эколого-экономических районов (были выделены 3 эколого-экономических района мезоуровня и 2 подтипа микрорайонов- хозяйственно-агломерационный и хозяйственно-ресурсный); проведен комплексный анализ временной и пространственной изменчивости эколого-экономической ситуации за 1996-2004гг. Основным результатом работы явились интегральные карты «Эколого-экономической ситуации РТ» и «Эколого-экономическое районирование Республики Татарстан» (рис. 3,4). Полученные результаты доказывают, что метод пространственного и факторного анализа является эффективным способом анализа территориальных различий; он позволяет выделять экстремальные зоны, позволяет осуществлять прогнозирование состояния окружающей среды, а следовательно научно обосновывать мероприятия по управлению за состоянием качества компонентов экосистем.

Следующим шагом явились работы А.М.Трофимова, Б.И.Кочурова, Б.Г.Петрова, Ю.А.Хазиахметовой (2003), а также Ю.А.Хазиахметовой, А.М.Трофимова (2004), в которых тщательно проанализированы все аспекты эколого-экономического картографирования. Ю.А.Хазиахметова (2004) учла все возможные способы и методы картографирования, проанализировала их и нашла наиболее рентабельное сочетание эффективных методов и создала их комплексную систему; обосновала систему критериев оценки социо-



эколого-экономической системы РТ и на их основе построила комплексную геоэкологическую карту территории Республики Татарстан (рис. 5). При этом в карте Ю.А.Хазиахметовой (2003) были использованы все те приемы, что и в рассматриваемой ранее «Экономической карте РТ». Однако она пошла дальше, заимствовав у создателей «Экологической карты России» (ИГ РАН) идею комбинаторики. В частности, для каждой ОТЕ (административного района) были использованы следующие ранжированные значения кода: Ин - уровень индустриализации; Ур-уровень урбанизации; Пр-уровень промышленного потенциала; Зд - уровень физического здоровья; Дн - уровень социально-демографической напряженности. Значения уровня напряженности оценивались в баллах: 1 - низкий; 2 - ниже среднего; 3 - средний; 4 - выше среднего; 5 - высокий.

Вся территория РТ была разбита на 3 группы по геоэкологической ситуации: удовлетворительная, умеренно-напряженная; напряженная. Обозначались они цветовой гаммой (либо штриховкой). Также были выделены геоэкологические районы: 1 - относительно благополучный; 2 - относительно неблагоприятный; 3 - неблагоприятный. Например, в 1 геоэкологический район с удовлетворительной ситуацией ранжирования значение кода имеет Ин2Ур2Пр2Дн3Зд4, что соответствует: уровень индустриализации ниже среднего; уровень урбанизации ниже среднего; уровень промышленного потенциала ниже среднего; уровень социально-демографической напряженности средний, уровень физического здоровья выше среднего.

Поиск подходов к комплексному эколого-экономическому районированию Республики Татарстан продолжался в различных направлениях. Одним из них мы посчитали

(Трофимов, Редюков, 2002) возможным использование в качестве ОТЕ бассейны рек различных порядков. Идея была такова: вначале на территории республики нами было выделено свыше 400 хозяйств, которые в дальнейшем мы намеревались «вписать» в бассейны рек. Однако способ оказался неприемлемым, поскольку при выделении ОТЕ (бассейны рек различного порядка) возникают «пустые» территории, не перекрывающиеся этими бассейнами. Подход был доработан, но должного эффекта не дал (Редюков, Трофимов, 2004).

Обширная по замыслу и степени анализа работа Б.И.Кочурова и А.Я.Смирнова (2007) по эффективности рационального природопользования и выяснения региональных соотношений: население-территория-ресурсы-экономика (НТРЭ). Институтом географии РАН был проведен мониторинг эффективности регионального природопользования. По статистическим данным об отраслевом содержании региональной деятельности авторами были выделены 7 отраслевых типов регионов и вошедшие в эти типы административные единицы РФ: 1) только торговля и услуги; 2) только обработка; 3) только добыча; 4) торговля и услуги, обработка; 5) торговля и услуги, добыча; 6) обработка, добыча; 7) торговля и услуги, обработка, добыча. Оценка эффективности регионального природопользования выполнялась путем сопоставления (внутри каждой отраслевой группы регионов) более чем 100 показателей для каждого региона. Результаты мониторинга были представлены на политико-административной карте РФ в информационных флажках регионов. Отраслевые доминанты обозначались столбиками (добывающие, обрабатывающие, обслуживающие отрасли). Значения региональных показателей представлены в информационных флажках регионов цветными горизонтальными полосами:

очень высокие - синим цветом; высокие зеленым; средние - желтым, низкие красным, очень низкие - черным. Кроме того, последовательность цвета дает возможность проследить расположение в значках обобщенных показателей эффективности регионального природопользования: эффективность природопользования по прибылеобразующим показателям (ПОС); по затратно-экологическим показателям (ЗЭС); показателям организационного фундамента региональной деятельности (ОФРД); по показателям временной эффективности региональной деятельности. Впервые представленные на картах и в таблицах результаты исследования позволяют выявить низкоэффективные регионы, «экономические дыры», которые тормозят развитие страны и сквозь которые неконтролируемо истекают труд и ресурсы, а также возможные причины их низкоэффективного использования. Содержание процессов региональной деятельности в большой степени определяется сложившимися историко-географическими данностями региональными соотношениями «население-территория – ресурсы – экономика». С этих позиций интересно рассматривать синдром российской диспропорции «население-территория - природные ресурсы – экономика» (НТРЭ), например: по регионам торговли и услуг - Самарская и Нижегородская области; по обрабатывающим регионам - Республика Карачаево-Черкессия, Республика Чувашия; по регионам добывающих, обрабатывающих отраслей и отраслей торговли и услуг - Архангельская область; по добывающим регионам Эвенкийский и Таймырский автономные округа и т.д.

Несомненным достоинством работы является тот факт, что региональная деятельность рассматривается как целенаправленная последовательность действий, целей,

ограниченная затратами ресурсов, будь то природных, трудовых и т.д. В работе впервые исследовался важнейший фактор управления региональной деятельностью - влияние ментальных показателей региональной деятельности (креативной активности и добродетелей населения) на эффективность природопользования.

Тем не менее, проблема соотношения значимости экологического аспекта и экономической составляющей в эколого-экономическом районе все же остается проблемой нерешенной. Попытки разрешения этой проблемы с позиции «интересов» и «функций» системы - вернее попытки отыскать значимость того или иного аспекта также не оказались удачной (Трофимов, Рубцов, 1992). Может быть, успех заключается в использовании центр-периферийной модели организации пространства? Это может стать действительной находкой в проблеме анализа КЭЭС и поиска действенного эколого-экономического районирования. Именно в этой связи одним из возможных подходов к выделению эколого-географических районов как количественными, так и традиционными методами можно считать подход, непосредственно опирающийся на постановку задачи выделения в многомерном пространстве компактных групп объектов. Такие компактные группы получили названия «ядра» - «прообраза» эколого-географического района (Трофимов, Рубцов, 1992). Ядро - это географическое место точек, в котором в наибольшей степени, с наибольшей плотностью и интенсивностью выражены признаки района, положительно отвечающие избранному критерию районирования. Таким образом, ядро - это концентрированное выражение специфических свойств района, сложившейся экологической ситуации. Преимущество данного подхода в исследовании КЭЭС заключаются в

том, что он позволяет прогнозировать развитие эколого-экономических ситуаций, «проигрывать» различные варианты поведения экологических систем и вырабатывать наиболее приемлемые рекомендации. Сказанные возможности должны позволить также осуществить более качественный подход от существующих методов статистической оценки экологического состояния территории к динамическим оценкам экологических процессов при различных начальных условиях и тем самым к оценке дальних экологических последствий тех или иных воздействий на территорию.

Однако и этот подход в нашем случае вряд ли окажется целесообразным. Любое районирование на уровне ОТЕ в ранге административных районов окажется для этого случая недейственным. Выделение «ядер» требует более дробных ОТЕ (например, полученных любым механическим путем), но для этого явно недостаточной оказывается исходная информация. Вся она собирается по административным районам. Единственным выходом в этом случае является составление такого количества карт континуального распределения признаков, каким их количеством мы располагаем.

В таком случае не менее приемлемым является метод наложения интегральных карт КЭЭС - тематики. Поэтому мы посчитали, что если взять за основу ранее составленную экономическую карту Республики Татарстан с добавлением особенностей геоэкологической характеристики карты, составленной методами, наработанными на кафедре экономической географии и регионального анализа КГУ (так, например, составлена карта Ю.А.Хазиахметовой) с картой, составленной на основе факторного анализа распределения основных геоэкологических показателей РТ, то можно получить достаточно объективную карту эколого-экономического районирования РТ. Правда, в этом

случае мы не получим «ядер» эколого-экономических районов, получим сразу эколого-экономические районы РТ. Теперь приходит такая мысль: а может быть и не следует строить экономическую карту РТ с целью использования ее как базы для эколого-экономического районирования. Может быть, сразу строить эколого-экономические районы, где, как в системе, эти две составляющие уже взаимосвязаны. Более приемлемой окажется эта карта и для прикладных целей. Поэтому приводимая нами последняя карта эколого-экономического районирования и была построена по этому принципу (рис. 6).

## **V. ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ ГЕОГРАФИЧЕСКИХ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ (ГИС)**

### **5.1. Типология ГИС**

Анализ суммы требований, предъявляемых к средствам получения географического научного результата с помощью вычислительных систем позволил предопределить предложение А.М. Трофимовым и М.В. Панасюком (1984), понятие геоинформационной системы (ГИС), переходя от представления о ГИС как о «реализованной с помощью автоматических средств (ЭВМ) хранилище знаний о территориальном аспекте взаимодействия природы и общества, а также программного обеспечения, моделирующего функции поиска, ввода, моделирование и др.» к представлению о ГИС, как комплексном технологическом средстве получения новых географических научных и инженерных результатов. В дальнейшем ГИС стали рассматривать как «совокупность конструктивных географических концепций, методологических, математических, программных, технических средств решения комплексных географических задач, взаимосвязанных между собой с целью повышения эффективности предметной деятельности конкретной группы пользователей ЭВМ, основанной на использовании системы географических знаний» (Трофимов, Гнеденков, Панасюк, 1987).

Основываясь на последнем определении, можно отметить, что каждая конкретная ГИС оказывается ограниченной со стороны общей проблемы, решению которой ГИС подчинена,

круга задач, обслуживаемых системой, географических объектов и знаний о них, представленных в системе, спецификой коллектива пользователей, на которые ГИС рассчитана, заложенных в основу системы методов, и реализующих эти методы средств. Фиксация тех или иных ограничений позволяет определять различные конкретные классы ГИС, анализировать тенденции их развития (Трофимов, Гнеденков 1990; Трофимов, Игонин, 2001).

Непосредственно из определения ГИС следует, что всякая ГИС, будучи основанной на географических знаниях, всегда тем или иным способом соотнесена с некоторым географическим объектом, некоторым географическим пространством, вмещающим этот объект и некоторым классом задач, которые могут решаться с помощью системы и ставятся относительно географического объекта и вмещающего его пространство.

В соответствии с принятой в программировании терминологией будем подразделять ГИС на проблемно-ориентированные, характеризующиеся, в первую очередь, единством круга задач, проблемы, на решение которой они ориентированы, и методо-ориентированные, которые характеризуются единством применяемого в них метода, вне зависимости от географических задач, проблем, к решению которых они могут применяться. При этом ориентацию на метод можно понимать в более широком, чем в программировании, смысле, допуская ориентацию на географический, модельно-математический метод, метод спецификации и программной реализации решаемых задач. Напротив, проблемную ориентацию можно понимать в узком смысле, имея в виду направленность ГИС на отображение знаний касающихся определенного географического объекта, пространства и решение



фиксированного класса содержательных задач, строго говоря, не исчерпывающего какую-либо проблему. Ясно, что конкретная ГИС может оказаться одновременно ориентированной и на проблему, и на метод.

Исходя из того, что методоориентированные ГИС возникают на более поздних этапах и отражают в себе обобщение методов, используемых в проблемно-ориентированных ГИС, рассмотрим ряд примеров проблемно-ориентированных ГИС (Koshkarev, Tikunov, Trofimov, 1989).

На проблему ресурсопользования ориентирована разрабатываемая в МГУ информационно-поисковая система для автоматизированного банка природоведческих данных (Рукин, 1986), проблеме охраны лесных массивов подчинена система ГЕОМИТЦИН - географическая экспертная система (Davis, Nan-ninga, 1985).

Геологической службой США с 1982 года в сотрудничестве с рядом других организаций ведутся комплексные исследования по созданию ГИС для оценки минеральных ресурсов (Dwyer, Moll, Trautwein, Elliott, Pee arson, Pratt, Nach, 1987). В ряде публикаций представлены проблематика хранения и обработки данных мелиоративно-географических исследований, полевых наблюдений (Анашко, Вильвачев, 1984; Балкаров, Погосова, 1986), описание федеральной информационной системы геологической съемки США (Arndt, Johnson, Ohlen, 1987) и др.

В зависимости от того, явно или неявно отражается географическое пространство в средствах ГИС, можно выделить два класса ГИС - пространственные и «непространственные» (Mclaughlin, Nicholas, 1986). Пространственные ГИС отличаются явно заданной привязкой хранимой и обрабатываемой информации к координатам конкретных точек пространства.

Основу пространственных ГИС составляют, как правило, картографические базы данных; выходные данные выдаются, в основном, в картографической форме (Сигэру, 1991 и др.). В «непространственных» ГИС связь информации с пространством может осуществляться как прямо, так и косвенным учетом пространственного расположения объектов. Разновидностями таких ГИС являются различные тематические (например, социально-экономические) и земельные (например, лесные, инвентаризационные) информационные системы. Для «непространственных» ГИС наличие картографической базы данных не обязательно, но такие базы могут составлять наиболее важную часть общей базы данных таких систем. Картографическая форма - лишь частный случай выходных данных «непространственных» ГИС (см., напр., Margraf, 1987; Samet et. al., 1987).

Таким образом, «непространственные» ГИС выступают как обобщение пространственных, в связи с чем мы будем в дальнейшем использовать вместо этого термина, термин надпространственная ГИС, отражая тем самым и факт обобщения, и обязательность присутствия пространственного аспекта во всякой ГИС как в пространственной, так и в «непространственной».

Ориентируясь на типы географического пространства, к которым отнесена ГИС, в литературе выделяют региональные и глобальные, а ориентируясь на географический объект - отраслевые и межотраслевые системы.

Региональные (территориальные) системы, являющиеся как пространственными, так и надпространственными, относятся к ограниченной части географической территории, региону (Кошкарев; Каракин, 1987; Карасев и др., 1987; Давыдчук и др., 1987 и др.); глобальные - обслуживают задачи, в той или иной мере связанные со всей окружающей средой,

географической оболочкой и также могут быть как пространственными, так и надпространственными.

Отраслевые ГИС имеют зачастую либо выраженные территориальные черты и сильно выраженную проблемную ориентацию, относящуюся к какому-либо конкретному виду деятельности, конкретному географическому объекту. Межотраслевые отражают комплексные подходы и относятся к нескольким видам деятельности, нескольким географическим объектам одновременно. Приведенные выше примеры проблемно-ориентированных ГИС можно рассматривать как примеры региональных и отраслевых ГИС пространственного и надпространственного характера.

Наивысшая степень развития проблемно-ориентированных ГИС, пространственных и надпространственных, отраслевых и межотраслевых, реализуется в интегративных ГИС (Jackson, Thomas, Stewart, 1986) способных решать задачи оценки взаимодействия «общество - природа» на глобальном уровне. Примером таких ГИС являются экспериментальная система по мониторингу среды, планированию и управлению природными ресурсами, разработанной в отделе физического планирования в институте земельной экологии в Абердине, Шотландия (Young, 1986). Другим примером глобальной интегральной ГИС является система мониторинга среды GEMS, хранящая и обрабатывающая данные для рационального планирования среды и ее управления (Gwynnee, 1986). Тенденция интеграции пространственных и надпространственных ГИС в интегративные отражается в целом ряде национальных и международных программ, существом которых является разработка согласованных между собой наборов отдельных ГИС региональных и глобальных, отраслевых и межотраслевых. Так, например, НАСА начала координировать междисциплинарную деятель-

ность по использованию данных, получаемых по космическим съемкам в науках о Земле начиная с 1978 года (Devirian, Urena, 1986). Эта деятельность основывается на системе отраслевых информационных «контрольных систем данных» (pilot data systems). Такие системы разработаны для данных о климате, океане, почвах. В 1984 году по соглашению НАСА и ЮНЕП предпринята попытка создания глобальной информационной базы о ресурсах с целью обеспечения международных исследований этими данными. Это позволило создать глобальную интегративную ГИС. НАСА предусматривает так же разработку программ, включая создание системы космических станций по наблюдению за земной поверхностью (Devirian, Urena, 1986).

С 1985 года осуществляется программа GORINE (координированная информация об окружающей среде Европы), предназначенная для обеспечения Европейского сообщества необходимой информацией об окружающей среде в форме, пригодной для содействия разработки решений (климат, рельеф, почвы, биота и др.) (Wiggins, Hartley, Higgins, Whittaker, 1987).

Глобальные системы представлены и системой PLDS, предназначенной для целей обработки и упорядочения данных, получаемых науками о Земле (Campbell, Smith, Price, Roclofs, 1986), системой наблюдения за земной поверхностью (Туяахов, 1986).

Тенденции международного развития автоматизированных территориальных систем рассмотрены в работе Хартмута (1985). Здесь выделяется первоначальный этап – накопления данных в ЭВМ по физическим характеристикам земной поверхности, по природным ресурсам, по землепользованию, по пространственным аспектам социально-экономического развития. Этот этап сменяется на этап создания систем для планирования, для принятия решений на

региональном и национальном уровне, осуществляющей интеграцию отраслевых систем в системы проблемной ориентации (Fischer, Maggi, Rammer, 1991).

Вопрос организации и информации об окружающей среде до глобального уровня представляет объект специальных исследований (Clarke, 1986).

Необходимость разработки интеграционных ГИС на основе построения информационной модели предметной области, обсуждение вопросов проектирования и перспектив развития таких ГИС, в частности, для решения проблемы информационного обеспечения моделирования долгосрочного развития занимают заметное место в потоке публикаций по проблеме создания ГИС (Бритков, Голосов, Яковцев, 1986; Jackson, Thomas, Stewart, 1986 и др.).

Методоориентированные ГИС возникают в результате обобщения постановок задач и методов решения географических задач, возникающих в процессе создания проблемно-ориентированных ГИС. Разнообразие методоориентированных ГИС определяется значительным многообразием методов, применяемых в современной географии при решении ее задач, и в современном программировании - при реализации этих задач вычислительными системами. В частности, разнообразие лежащих в основе ГИС методов включает:

- общенаучные, общеметодические методы познания;
- собственно географические методы исследования;
- логико-географические и математико-географические методы;
- методы представления данных, знаний и методы спецификации задач;
- методы программной реализации.

Среди ГИС, основанных на общенаучных, общеметодических методах, выделяются системы, предназначенные для: а) моделирования; б) управления; в) прогнозирования; г) мониторинга.

Собственно географические методы исследования, порожденные различными географическими концепциями, смыкаясь с поддерживающими их логико-географическими и математико-географическими методами определяют широко известные классы геоинформационных систем:

- картографические;

- математико-картографические (Жуков, Сербенюк, Тикунов, 1980; Сербенюк, Тикунов, 1986).

- математико-географические информационные системы (Трофимов, Панасюк, 1984).

В приведенной последовательности классов возможности систем следующего класса покрывают, включают возможности систем предыдущего, порождая определенную иерархию классов. Обобщение пространственно-временных представлений в концепциях геоситуационного и полевого подходов и сопровождающих их логико-математических и математико-географических методов, позволяют надеяться на дополнение приведенной иерархии еще двумя классами ГИС, реализующими наиболее общие подходы:

- геоситуационными, опирающимися на концепцию геоситуации;

- полевыми, основанными на концепции единого географического поля.

Принципы построения ГИС на основе геоситуационного подхода изложены в монографии А.М.Трофимова и М.В.Панасюка (1984), использование полевых концепций – в работе И. Крхо и Е. Мисиетовой (Krcho, Micietova, 1987). В последней публикации выделяются три вида географических полей, используемых для

моделирования структуры географических явлений:

- социально-экономические поля, имеющие обычно дисперсную структуру;

- физико-географические, ландшафтные, в основном, концептуальные поля;

- абстрактные математико-статистические поля, характеризующие связи и различные отношения внутри и между двумя видами полей.

Таким образом, можно заметить, что ГИС, являясь информационными системами географии, своей модификацией отражают тенденции развития концепций географической науки. С другой стороны, являясь информационными системами, ГИС отражают и тенденции развития информационных систем общего назначения в современном программировании. При этом, естественно, что развитие общих информационных аспектов ГИС несколько отстает от развития этих аспектов в программировании, в то время как развитие характерных для географии пространственных аспектов во многом опережает развитие возможностей информационных систем общего назначения. В итоге можно предположить, что если для развития информационных систем общего назначения характерно повышение общности и удобства предлагаемых средств, зачастую за счет эффективности их использования в конкретной предметной области, то для ГИС желательной следует считать тенденцию повышения общности средств спецификации в сочетании с удобством и эффективностью, значительно превосходящими удобство и эффективность систем общего назначения при использовании их на предметной области географии.

Известно, что особенность применения вычислительных систем в какой-либо предметной области, и, в частности, в географии, проявляется в жестких требованиях, налагаемых на точность и

однозначность постановок решаемых с их помощью задач, точных и полных описаний, которые передаются от ставящего задачи человека к решающей эти задачи вычислительной системе. Разработка точных и полных описаний задач, определяемых как «спецификации», требует наличия «средств спецификации», которые определяются в упомянутой работе как «любые средства получения или построения задач (в частности, «язык спецификации»)). Применительно к задачам географии, проблема постановки (разработки спецификаций), сформированы Ю.Г.Саушкиным (1987) следующим образом: «чтобы верно поставить машине задачу для обработки информации необходимо соединение сущности данной задачи и математики, а машина, обрабатывая информацию, создает обратные связи, т.е. выдает такие новые результаты, которые существенно влияют на дальнейшее развитие науки и ее применение в практике, на расширение математики...». Естественно, что для соединения в спецификациях «сущности» географических задач и математики, средства спецификации должны включать в себя как общие математические и логические средства, гарантирующие возможность постановки заранее не заданных задач, так и специальные географические ориентированные средства, гарантирующие для часто встречающихся случаев простую постановку, эффективные решения, удобное содержательное представление получаемых новых результатов.

Естественны и другие требования к средствам спецификации географических задач, проистекающие из коллективного характера получения результатов с помощью вычислительных систем, особой роли спецификаций в обеспечении единства действий всех специалистов, обслуживающих технологическую цепочку получения



географического результата на вычислительных системах.

Необходимость в средствах спецификации большой общности для нужд географии потребовала определенной ревизии структур математики с точки зрения их использования в применении к задачам логико-географического характера и математико-географического моделирования. Итогом этой ревизии явилось, в частности, утверждение о «фундаментальной трудности, с которой сталкиваются ученые при математизации системы географических наук» (Гохман, Саушкин 1971), проистекающей из ориентации современной математики на изучение однородных и изоморфных форм и «неорганизованных совокупностей с малым числом просто связанных элементов, не характерных для географии, имеющей дело с сочетаниями разнородных, сложносвязанных явлений». (Цетлин, 1966). Эти фундаментальные трудности, обусловленные в значительной мере применением только традиционных, количественных методов математики, потребовали и привлечение в качестве основы средств спецификации более абстрактных «неколичественных» математических дисциплин: математической логики и средств искусственного интеллекта (Robinson, 1986; Mc Keown, 1987), теории нечетких множеств (Балкаров, 1987); теории множеств (Киселев, Яковлев, 1987), абстрактной алгебры (Трофимов, Гнеденков, Жмойдяк, 1987). В частности описывается способ организации базы географических данных в виде многочисленной структуры, каждый из листов которой содержит определенную информацию об изучаемом регионе (Бугровский, Бутусов, Дмитриев, Краснова, Рязанов, Яковлевская, 1986), использование реляционных нечетких отношений и теории фремов для представления географических данных (Балкаров, 1987). В последней работе,

кстати, указан круг задач геоэкологического характера, в которых эти представления продуктивны.

Ориентация на метод требует унификации пространственных географических структур и приводит к выделению элементарных структур географического пространства. В одних работах это точка, линия, сеть, площадь (Neubeck; 1984), в других точка, линия, цепь, узел, полигон, кольцо, пространственная область, слой, покрытие, карта (Van Roessel, 1987). В последней работе элементарные структуры рассматриваются в рамках вопроса об организации реляционной базы данных. Отмечаются трудности в определении нормальных форм, пригодных для преобразования исходных пространственных данных. Реляционному подходу к представлению картографической информации уделяется в последнее время большее внимание (Green, Finch, Wiggins, 1985). В некоторых работах отражается необходимость значительных обобщений структур данных и процедур их обработки, достижения концептуального единства информационных, языковых и программных средств (Аскарлов, Агаев, 1984), а также предлагаются реляционные подходы к созданию баз географических данных комплексного характера (Mc Granagham, 1985).

Общие принципы спецификации географических задач в ГИС с помощью логических средств формируются в виде 17 логических аксиом для данных и предложены Ч. Робинове (Robinove, 1986), а в работе Мак Кеона (Mc Keown, 1987) дается критика возможностей комплексных запросов в современных ГИС и оценка роли методов искусственного интеллекта для представления картографического материала. Кстати, в последней из названных работ отмечается, что в большинстве современных систем возможности комплексных запросов весьма ограничены и не превосходят

возможностей запросов в собраниях тематических карт.

Оценивая ГИС комплексно, с точки зрения географического объекта, географического пространства, и в итоге – круга задач (проблем), стоящих перед коллективом пользователей, на который ориентирована ГИС, можно сформулировать понятие полноты ГИС относительно заданных потребностей (целей), класса решаемых задач.

*Полной относительно заданного класса задач называется ГИС, в которой каждая задача класса программно реализуется некоторой элементарной или производной от элементарных функций ГИС; при наличии задачи, не реализуемой ни одной элементарной или производной от элементарных функций, ГИС называется неполной относительно задач заданного класса.* При определении полноты или неполноты конкретной системы, класс задач может задаваться, например, спецификой предлагаемых коллективов пользователей или же фиксацией средств спецификаций задач, глобальной географической проблемой и т.д. Примеры полных ГИС поставляются интегративными ГИС в классе проблемно-ориентированных и логико-графических в классе методоориентированных.

В связи с понятием полноты формулируется представление о степени полноты: геоинформационная система А включает геоинформационную систему В, если каждая функция В реализуется элементарной или производной функцией системы А. При этом система А полнее системы В, если она включает В, но существуют функции А, не реализуемые системой В. Две геоинформационные системы А и В функционально эквивалентны, если А включает В и В включает А. Степень полноты можно рассматривать как меру автоматизации технологического процесса получения

окончательного результата решаемых пользователем задач, или же как меру рассогласования между «идеальной» ГИС, полностью удовлетворяющей потребности заданной группы пользователей, и реальной, конкретной ГИС, имеющейся в распоряжении пользовательской группы.

Иллюстрируя понятие полноты и включения можно отметить, что надпространственные ГИС включают пространственные, глобальные – региональные, межотраслевые, отраслевые, интегральные, пространственные, надпространственные, глобальные и региональные, отраслевые и межотраслевые. Соответственно, в методоориентированных: математико-картографические включают картографические ГИС; математико-географические – картографические и математико-картографические. Полевые и геоситуационные ГИС можно рассматривать как системы, включающие в себя как интеграционные, так и математико-географические системы.

Таким образом, исходя из изложенного, допустимо предположить, что основной тенденцией развития ГИС на современном этапе является постоянное увеличение степени полноты ГИС, порождаемое постоянным увеличением предъявляемых к ним требованиям, связанных, в свою очередь с особенностями развития географии. Цель разработки ГИС – упреждение этих тенденций, создание ГИС с возможностями, отвечающими требованиям географии, сложившихся к моменту ее завершения.

Изложенная выше концепция сбалансированного и устойчивого развития реализуется с помощью ряда взаимосвязанных подходов. Один из них - связующий - связан с построением системы карт эколого-географического состояния территории. Поскольку в основу составления карт предложено

положить показатель социо-эколого-экономического синдрома, она дает возможность не только реально оценить состояние ОС, но и производить экологическое регулирование. Последний механизм позволяет осуществить следующий подход - прогнозирование состояния ОС и вывод его на устойчивое развитие, что может быть положено в основу принятия управленческих решений для соответствующих органов.

Управленческий аспект достаточно сложный даже в пределах одного уровня иерархии - глобальном, национальном (федеральном) и региональном. Гораздо более сложным является управление на межуровневом развитии - логика этого характера развития еще не совсем ясна и определена. Очевидно, что здесь должны существовать какие-то межгосударственные организации. Например, как ранее было предложено В.Н. Лихачевым, межнациональный и межгосударственный экопарламент (Решение Международного Конгресса «Мониторинг и оздоровление окружающей среды», Казань, июль, 1994).

## **5.2. Отражение научных геоэкологических тенденций в структуре геоинформационных систем\***

Информатизация коснулась сегодня всех сторон жизни общества и трудно, пожалуй, назвать какую-либо сферу человеческой деятельности - от начального школьного образования до высокой государственной политики, - где не ощущалось бы ее мощное воздействие. Информатика проникает во все области науки, преобразуя их в стремлении к бесконечному компьютерному совершенству.

---

\* Раздел написан совместно с Б.М. Левиным

В науках о Земле информационные технологии породили геоинформатику и географические информационные системы (ГИС), которые изучают принципы, технику и технологию получения, накопления, передачи, обработки и представления пространственных данных и являются средством получения на их основе новой информации и знаний о пространственно-временных явлениях (Тикунов, 1989). Адекватными этим направлениям становятся география, геоэкология и другие науки пространственно-временного толка, чье развитие обеспечивает совершенствование структур ГИС.

Первые ГИС были созданы в Канаде и США в середине 60-х годов как системы, позволяющие упорядочить большой объем пространственной информации (например, канадская CGIS, шведская ГИС/NIMS/, американская система анализа географической информации об использовании земель /GIRAS/ и др.). Единственное, что их отличало от баз данных - это введение признака пространства. В этот период сформировалось понятие пространственных объектов применительно к географии и получила бурное развитие электронная картография, развивались методы цифрования карт, велись обширные дискуссии на эту тему и появлялось множество статей, посвященных тематике ГИС (Бахчиев, Лебедев, 1974; Симонов, Баврынь, 1975; Абрамов, 1976; Жуков, Сербенюк, Тикунов, 1976; Берлянт, Жолковский, 1996).

Восьмидесятые годы отличает чрезвычайный динамизм развития ГИС: к середине 80-х годов их число приближается к 500 (по данным Clase, 1985), а по другим данным - к 2000. Постепенно в ГИС вводятся функции анализа входящей пространственной информации. Это позволяет решать уже многие, в том числе, геоэкологические задачи.

А.М. Трофимов, М.В. Панасюк (1984) рассматривают возможности ГИС применительно к оценке окружающей среды. ГИС в 80-ые годы превращаются в серьезную самостоятельную сферу науки. Существенно раздвигается круг решаемых задач: геоинформационные технологии проникают во все новые сферы науки, производственной деятельности и образования. Осваиваются принципиально новые источники массовых данных для ГИС. Цифровые методы обработки изображений интегрируются с системами автоматизированной картографии и ГИС, создавая предпосылки единой программной среды 90-х годов. Следует отметить также развитие математико-картографического моделирования в рамках ГИС. Опыт применения математических методов в создании тематических карт, подготовляемых специально или иллюстрирующих результаты математических расчетов, насчитывает уже несколько десятилетий, но как особое направление научных исследований математическое моделирование сложилось лишь в 80-е годы. Особенно ценно то, что математико-географическое моделирование можно использовать при решении практически любых задач, связанных с исследованием территориальных закономерностей, взаимосвязей и взаимосочетаний. Оно применимо при создании и использовании весьма разнообразных тематических карт и позволяет привлекать различные математические методы и их разновидности. Все это объясняет многогранность тематики и методики математико-картографического моделирования. В 80-е годы публикуется большое количество статей, посвященных математико-картографическому моделированию (Жуков, Сербенюк, Тикунов, 1980; Васмут, 1983; Тикунов, 1985; Трофимов, Гнеденков, 1988). Развитие данного направления оказало существенное влияние на создание ГИС.

Математико-картографическое моделирование сделало существенные шаги в моделировании экологических ситуаций. Появляется большое количество моделей, характеризующих различные геоэкологические ситуации и практическая реализация данных моделей в рамках ГИС (Комар, 1975; Бакланов, 1978; Навак, 1987; Рссааре, 1987; Урусов, 1987; Берлянт, Мусин, Свентэк, 1993). Наблюдаются тенденции по созданию ГИС для решения расчетных задач, например, по водохозяйственным расчетам и балансам (Великевич, 1987), эколого-ландшафтному районированию (Рянский, 1987), экологизации мелиорации и др. Другим новым и важным моментом в это время следует считать усиление международной кооперации и координации геоинформационной деятельности. Одним из главных следствий явилось создание глобальных информационных систем. В 80-е годы появились работы по проектированию и разработке отечественных ГИС, основанных на осмыслении и развитии международного опыта. Среди них можно назвать публикацию монографии А.М. Трофимова и М.В. Панасюка «Геоинформационные системы и проблемы управления окружающей средой» (1984). Становлению геоинформатики у нас в стране во многом способствовало также проведение первой конференции «Проблемы геоинформатики», состоявшейся в 1983 г. в Тарту–Кяэрику, а также школы–семинара «создание и функционирование географических геоинформационных систем» (Тарту, 1985). Также можно отметить такие мероприятия по обобщению уже имеющегося опыта по разработке и использованию ГИС при решении разнообразных практических задач, а также определению дальнейших путей их развития, как семинары в Лондоне и Владивостоке (1985). На данном этапе развития ГИС публикуется довольно большое количество статей



носящих обзорный характер и посвященных месту ГИС в системе наук (Трофимов, Панасюк, 1984; Кошкарев, Каракин, 1987 и др.)

Особенностью развития ГИС в 90-е годы стало постепенное смещение научных исследований в данной области от общих теоретических изысканий в сторону узко - технической направленности ГИС. В начале 90-х годов более активно обсуждались общие теоретические вопросы по ГИС- тематике (Трофимов, Гнеденков, 1988; Кошкарев, Каракин, 1991; Тикунов, 1991). Все эти позитивные сдвиги свидетельствуют об активизации геоинформационной деятельности, о переходе геоинформатики к конструктивному этапу своего развития.

Делались существенные шаги в исследовании современных тенденций развития ГИС, изучались наработки по отдельным странам. Говоря о взаимодействии геоинформатики и картографии в это время, следует отметить, что это стало основой для формирования нового направления - геоинформационного картографирования, суть которого составляет автоматизированное информационно - картографическое моделирование геоэкологических социально - экономических систем на основе ГИС и баз знаний. (Берлянт, Мамаев и др., 1997). В это время продолжают развиваться идеи математико-картографического моделирования в трудах как отечественных, так и зарубежных исследователей (Мартыненко, 1994; Андерсон, 1996). Большое влияние на ГИС оказывает развитие аппаратного и программного обеспечения, которое открывает новые возможности для развития ГИС. В.С.Тикунов (1991) формулирует основные требования, сложившиеся в настоящий момент в отношении ГИС. Это, прежде всего, полнота (то есть охват всех сторон информационного, программного, технического обеспечения),

комплексность системы, а также закрытость (защита от незаконного копирования) и т.д. К. Хассан (Karami Hassan A.), Блейс (Blais J.), оценивая современное состояние и будущее ГИС, отмечают, что грядущее расширение функциональных возможностей ГИС создает условие для превращения их в системы поддержки принятия решений SDSS (Spatial Decision Support System). По мере своего развития ГИС расширяли свою связь со многими науками. Это стало особенно заметно именно в девяностые годы, когда геоинформатика стала проникать в такие науки, как геология, биология, социология, экономика, заняла прочные позиции в географии, экологии, позволив решать большой круг вопросов, связанных с моделированием и оценкой окружающей среды (Трофимов, Левин, 2000).

В последнее время достаточно много сказано о тесном взаимодействии картографии и геоинформатики, многообразии их связей, конвергенции идей и методов. Геоинформатика, постепенно занимающая все более прочное положение в системе географических наук, изучает те же объекты, что картография и география, то есть природные, общественные и природно-общественные геосистемы. При этом она пользуется для этого своими средствами и методами: компьютерным моделированием и геоинформационным картографированием (Берлянт, Мусин, Свентэк, 1993). Тем не менее, автоматизация, системность, целенаправленность, оперативность и многовариантность - это основные особенности геоинформационного картографирования (Берлянт, Кошкарев, Тикунов, 1991). Практическая реализация взаимодействия картографии и геоинформатики осуществляется в рамках ГИС, основу и сердцевину которых образуют базы картографических данных и автоматические картографические системы (АКС). Часто понятие ГИС и АКС находятся в отношении

равнозначности, поскольку признаки, отраженные в содержании этих понятий, относятся к одному и тому же предмету, а именно к конкретной геосистеме (Итоги ... , 1991).

Особое внимание следует уделить термину «географические» в применении к системам данного типа. Слово «географические» в их названии имеет смысл не обозначения науки, а характеристики пространственности. В этом случае нельзя поставить в один ряд географические, геологические, геофизические и т.д. системы (Кошкарев, Тикунов, Трофимов, 1991).

В середине 90-х годов усилилось обсуждение не столько общих задач и места геоинформатики в системе наук, сколько обсуждение организации и эффективности работы ГИС. Обосновывается разделение функций среди персонала, выполняющего работу по проектированию ГИС, включая менеджера ГИС (общее руководство проектом), аналитика, администратора системы, программиста, картографа, конечного пользователя. Особо следует отметить распространение объектно-ориентированного подхода при создании ГИС. В данном случае предусматривается создание таких систем, которые самостоятельно определяют отдельные пространственные объекты и способны связывать с ними информацию и выполнять различные действия. Данный подход получил большой резонанс, особенно в середине 90-х годов. В это же время появляются так называемые виртуальные ГИС (ВГИС). Создание ВГИС - принципиально новый этап в развитии геоинформационных технологий, означающий соединение ГИС и систем виртуальной реальности в ГИС. Одной из систем подобного рода является ВГИС, разработанная компанией ERDAS Inc., (США). Это мощная система трехмерной визуализации, которая позволяет: 1) полностью

интерактивно управлять трехмерной визуализацией; 2) накладывать на модель рельефа неограниченное количество векторных и растровых слоев; 3) получать значения пикселей, атрибутов растровых и векторных карт с помощью трехмерного курсора; 4) восстанавливать по высоте трехмерные объекты на перспективном изображении; 5) управлять цветом и условными обозначениями объектов на трехмерном изображении; 6) работать с непрерывным географическим пространством; 7) проводить анализ видимости на местности; 8) интерактивно задавать маршрут; 9) сохранять последовательность кадров и просматривать их на анимацию (Ермошкина, 1997). Публикуются также статьи об аналитических исследованиях регионального уровня. В.Н. Дементьев и др. (1997) описывают попытку обобщить опыт применения геоинформационных технологий в ряде научно-исследовательских организаций, являющихся участниками Новосибирского регионального центра геоинформационных технологий СО РАН. Сотрудничество этих организаций позволило выявить и охарактеризовать проблемы, возникающие при реализации геоинформационных проектов на региональном уровне. Показаны основные проблемы, связанные с проведением аналитических работ, использующих ГИС - технологии как в научных исследованиях, так и при решении практических, в том числе управленческих, задач. Ли Лин (Li Lin) уделяет особое внимание весьма важной проблеме пространственного анализа и ГИС - преодолению противоречий между моделями данных для ГИС и картографическими моделями данных, анализируя различия между этими видами моделей и показывая некоторые особенности картографического моделирования точечных, линейных и площадных объектов. Схемы применения ГИС становятся настолько

разнообразными, что появляется новая классификация по использованию ГИС (Берлянт, Жолковский, 1996):

- поиск и рациональное использование природных ресурсов;
- территориальное и отраслевое планирование и управление размещением промышленности, транспорта, сельского хозяйства, энергетики, финансов;
- обеспечение комплексного и отраслевого кадастра;
- мониторинг экологических ситуаций и опасных природных явлений, оценка техногенных воздействий на среду и их последствий, обеспечение экологической безопасности страны и регионов, экологическая экспертиза;
- контроль условий жизни населения, здравоохранение и рекреация, социальное обслуживание, обеспеченность работой и др.;
- обеспечение деятельности органов законодательной и исполнительной власти, политических партий, движений, средств массовой информации;
- обеспечение деятельности правоохранительных органов и силовых структур;
- научные исследования и образование;
- картографирование (комплексное и отраслевое): создание тематических карт и атласов, обновление карт, оперативное картографирование.

Разнообразие сфер использования ГИС порождает множественность их видов и типов, разделяющихся по тематике, пространственному охвату, назначению.

Общее развитие как географической науки в целом, так и геоинформатики в частности, приводит к тому, что на практике начинают создаваться в 90-ые годы не только универсальные ГИС (способные решать задачи с пространственными данными), но и узко

специализированные, настроенные на решение одной задачи, но в очень детальном разрезе. Если для восьмидесятых и начала девяностых годов было характерно наличие в основном универсальных ГИС, то позднее стало появляться очень большое количество узкоспециализированных ГИС, таких как проект ГИС-Байкал (1996), иллюстрирующий экологические проблемы региона; ГИС для нефтяных корпораций (Erskin Theresa), ГИС «Рейн» (Ruland Peter), ГИС для социально - экологического анализа территорий (Lober Douglas) и т.д. В середине 90-х годов выделяются группы ГИС на основе их возможностей. Как считают Л.Б.Смирнов и др. (1993), можно выделить три группы ГИС. Первые - это мощные, ориентированные на рабочие станции и сетевую эксплуатацию системы. К таким ГИС относятся: INTERGRAPH, GDS, SYSSCAN, ARC/INFO. Вторую группу составляют специализированные системы типа SYSTEM - 9, PROCART, FINGIS, GEO/SQL, GRADIS, AUTOCAD, также предназначенные для рабочих станций, созданные для определенных задач, например, обработке геодезических данных и городского кадастра. Третью группу составляют настольные ГИС, работающие на персональных компьютерах, предназначенные для учебных и справочно-информационных целей, как например, Rimsha. Представителями этого класса ГИС являются ATLAS GIS, MAPINFO; «Каскад», «Зулу». Говоря о развитии ГИС в середине девяностых годов, следует отметить также появление большого количества работ, посвященных, правовому аспекту ГИС. Помимо работ посвященных данной тематике, правовые аспекты так или иначе затрагиваются во многих работах данного периода.

К концу 90-х годов наблюдается резкое увеличение работ по политическому применению ГИС и анализу полученных с их помощью

результатов. В Университете нефти и минеральных ресурсов короля Фахда (Саудовская Аравия), например, проведены исследования по использованию ГИС для больших объемов пространственных данных. Рассмотрены общие принципы создания ГИС, сферы их приложения, применение в административном управлении. Дана характеристика пользователей ГИС в нефтяных компаниях арабских стран, а также оценка экономической эффективности замены ручной обработки на компьютерную. Среди последних работ появляется большое количество статей, посвященных формированию ГИС для специальных целей, создаются программы геостатического моделирования и прогнозирования. Появляются работы, посвященные анализу точности как исходной информации для моделей окружающей среды, реализованных в ГИС, так и полученных с ее помощью данных, что необходимо для эффективности принятия управленческих решений. Весьма интересными представляются работы по объединению ГИС-технологий и спутниковых данных для изучения Земли. Особенностью конца 90-х годов стало появление огромного числа публикаций, посвященных практической деятельности ГИС и оценке полученных с их помощью аналитических результатов. ГИС используется сейчас при оценке климата, строительства дорог, при изучении растительности в Индии (анализ леса, травяного покрова), при изучении прибрежной экологии, при планировании развития лесоводства на микроуровне, при изучении геоморфологии территории Западной Сибири, при трехмерном проектировании геологических ситуаций, при изучении вегетационного периода растительности Китая, основанном на классификации почвы, при изучении современных ледников, при оценке

риска людям и собственности от опасности потока лавы в районе Везувия.

ГИС за последние годы нашли свое применение в различных сферах жизни (у врачей, политиков, экономистов, экологов).

Появляется опыт по созданию и использованию ГИС для геоэкологического картографирования региона (Жуков, Лазарев, Новаковский, 1996; Хомяков, 1997), экологического картографирования при решении практических задач землепользования и агрохимии (Хомяков, 1997), а также ГИС-Север, ГИС-Байкал, ГИС-Рязань, «Земля России» и т.д. ГИС-технологии могут быть с успехом использованы для социально-экологического анализа территорий, решение размещенческих задач. Такие показатели, как близость и удаленность, анализируемые с помощью ГИС, полезны для оценки районов концентрации населения и размещения опасных производств, для составления карт близости, удаленности, транспортной доступности объектов и т.п. Социальная информация, полученная по картографическим материалам, сопоставляется затем с данными о состоянии окружающей среды с целью оптимизации решений о размещении тех или иных производств или центров обслуживания с учетом экологической ситуации. Существенное значение играют ГИС и в изучении социально-экономических тенденций. Большие выгоды из них извлекли местные органы власти, используя возможности анализа территории, пространственного анализа и пространственного моделирования. В последние годы также публикуются работы, посвященные анализу данных для ГИС, пространственных данных для моделей пространства и функций, работающих на них, уделяется большое внимание многомерным данным. Публикуются работы, посвященные



интеграции пространственных данных и систем трехмерной геоинформации.

В девяностые годы большое внимание уделяется также геоинформационному обслуживанию и созданию обучающих ГИС, обсуждаются познавательные и дидактические аспекты ГИС. Так, например, Дранш Дорис (Dransh Doris) пишет, что успех внедрения новых методов обучения и использования компьютерных средств зависит от того, насколько новые технологии (мультимедиа, гипермедиа, ГИС) учитывают познавательные и дидактические особенности процессов обучения и тренинга, законы теории обучения и формирования ментальных образов на основе восприятия и усвоения текстовой и графической информации, достижений познавательной и конструктивной психологии. Среди других ГИС, посвященных тематике, можно отметить учебную ГИС-«Сатино» (авторы Панин, Брункин, 1995) .

Сейчас в промышленно развитых странах существуют тысячи ГИС, используемых в экономике, политике, экологии, управлении ресурсами и охране природы, кадастре, науке и образовании. ГИС охватывают все пространственные уровни: глобальный, региональный, национальный, локальный, муниципальный. Они интегрируют разнообразную информацию о нашей планете: картографическую, данные дистанционного зондирования, статистику и переписи, кадастровые сведения, гидрометеорологические данные, материалы полевых экспедиционных наблюдений, результаты бурения, подводного зондирования. ГИС испытали бурный рост в 80-90-х годах и в настоящее время проникли в самые разные сферы человеческой деятельности.

Подводя итоги, можно сказать, что, возникнув в 60-70 годы в качестве средства для сбора и упорядочивания больших объемов

пространственной информации, ГИС со временем сильно видоизменились и нашли свое применение в разных областях как науки, так и практики. Геоинформатика, возникнув на стыке трех научных дисциплин (географии, картографии и информатики), выросла в серьезную самостоятельную науку, оказав серьезное влияние на географию и геоэкологию. Она дала новое направление в исследовании экологических проблем, позволила моделировать геоситуации с высокой степенью точности, дала возможность проводить более детальный анализ исследуемого явления. Однако, следует заметить, что, испытав бурный рост в восьмидесятые годы, геоинформатика все больше уходит в сторону практики. Анализируя направления опубликованных по ГИС-тематике работ, можно отметить резкое уменьшение фундаментальных теоретических трудов за последние годы, а многие работы повторяют с некоторыми изменениями идеи, уже изложенные ранее. Любая фундаментальная наука должна иметь, наряду с практикой, и серьезную, постоянно развивающуюся, теоретическую основу.

## **VI. Геоинформационное обеспечение регионального геоэкологического анализа**

Первые реально работающие географические информационные системы были сформированы более 30 лет назад (ГИС Канады "CGIS"). В настоящее время в мире известны разработки сотен ГИС. Первоначально ГИС развивались на основе информационно-поисковых систем, а позднее - картографических банков данных. Сами информационные системы рассматривались в качестве первого этапа автоматизированного создания карт, лишь позднее в функции ГИС стали включать блоки математико-картографического моделирования и автоматизированного создания карт (Тикунов, 1997). ГИС коренным образом трансформировали традиционные подходы в картографии. "Парадигма сообщения" (ДеМерс, 1999), подразумевающая, что сама карта выступает конечным продуктом, при использовании ГИС заменена на "аналитическую парадигму" (Tobler, 1959), когда исходные атрибутивные данные сохраняются на компьютерных носителях и отображаются, исходя из нужд пользователя и с применением пользовательских классификаций.

Несмотря на широкое употребление различными авторами термина "геоинформационные системы", точное определение данного понятия до конца не стандартизовано. Для классификации геоинформационных систем (ГИС) могут использоваться самые различные подходы. В качестве примера приведем несколько определений понятия ГИС:

Информационная система, предназначенная для работы с данными, имеющими пространственные или географические координаты. Другими словами, ГИС является как базой данных со специфическими возможностями работы с пространственными данными, так и набором

инструментов для анализа таких данных (Берлянт, 1995).

ГИС - это система для сбора, хранения, манипулирования, интегральной обработки и отображения информации, пространственной распределенной на Земле (Chorley, 1987);

ГИС - это автоматизированная система для сбора, хранения, выборки, анализа и отображения пространственных данных (Clarke, 1990);

ГИС - это система, состоящая из людей, а также технических и организационных средств, которые осуществляют сбор, передачу, ввод и обработку данных с целью выработки информации, удобной для дальнейшего использования в географическом исследовании и для ее практического применения (Konesny, Rais, 1985);

*ГИС - это интерактивные системы, способные реализовать сбор, систематизацию, хранение, обработку, оценку, отображение и распространение данных и как средство получения на их основе новой информации и знаний о пространственно-временных явлениях (Гармиз и др, 1989; Тикунов, 1989).*

Количество определений можно легко расширить, хотя все они без существенных различий могут быть сведены к уже приведенным выше. При формировании геоэкологически ориентированной ГИС мы ориентировались на последнее определение, которое в наибольшей мере соответствует нашим представлениям о геоинформационных системах.

Из анализа вышеприведенных определений следует, что необходимо различать несколько аспектов, связанных с понятием ГИС.

Одним из возможных подходов к детализации понятия ГИС могут быть рассмотрены следующие их аспекты (Савельев, Ермолаев, 1999) .

## **ГИС как инструментальная система создания пространственных баз данных и решения информационных задач.**

Этому направлению, связанному с общими вопросами методологии, методики, структуры и выполняемых функций, посвящено ряд работ (Симонов и др., 1975; Кошкарев, Каракин, 1987 и др.). Понимание ГИС как инструментальной программно-аппаратной системы, имеющую структуру данных для представления их пространственных характеристик и создания модели реального мира, включающей пространственную составляющую, а также средства обработки БД, - основано на понятии геокодирования в некоторой концептуальной модели пространственных данных. При этом пространственное положение объектов может представляться как точными координатами, так и относительным местоположением (например, пространственная информация усредняется в пределах некоторой территориальной единицы - административного района, или речного бассейна). Кроме того, в каждой модели выделяются элементарные "единицы пространственной информации", к которой может быть отнесена атрибутивная (описательная) информация.

Моделирование данных (представление объектов реального мира в компьютере) является одной из наиболее сложных задач при использовании информационных технологий в предметных областях.

Для моделирования пространственных данных в ГИС используются два основных подхода:

- Векторные модели данных, включающие средства представления точечных, линейных и площадных объектов. Такие модели подразделяются, в свою очередь, на несколько типов: топологические (Dangermond, 1982), не

топологические модели ("спагетти-модель") и кодирование цепочек векторов (ДеМерс, 1999). Векторные структуры данных в максимальной степени приближены к хорошо известным бумажным картам, где каждый элемент характеризуется записью в компьютере координатами X, Y. Атрибутивная информация хранится в отдельном файле.

- Растровые или сеточные модели данных, в которых информация представлена матрицей значений, каждая ячейка которой соответствует тематическому атрибуту, а сам двумерный массив образует так называемое "покрытие". В настоящее время в практике используются прямоугольные сетки, в которых значения относятся либо к узлам сетки, либо к прямоугольному элементу - ячейке сетки. Например, таким способом нами составлялась карта цифровой модели рельефа (ЦМР) по имеющемуся гипсометрическому "слою" топографической карты в векторном формате. Для представления рельефа применяются также и нерегулярные треугольные сетки.

ГИС может и включать, и не включать картографические средства формирования запросов, вывода информации в виде карт и картосхем, подготовку картографических произведений, аналитические операции. Довольно часто на базе таких ГИС создаются не просто информационные системы, а информационно-аналитические и экспертные, а также системы, включающие средства моделирования, специфичные для предметных областей.

### **ГИС как средство тематического картографирования.**

В данном качестве ГИС предназначена для отображения на экране дисплея или в печатном виде информации, имеющейся в базе данных. При этом используются традиционные

картографические выразительные средства (картограммы, картодиаграммы, использование качественного фона, заливок, штриховок и т.д.). В этом случае компьютер используется фактически как средство для создания карт по классической технологии, без аналитических возможностей и средств обработки и моделирования.

ГИС в приводимом здесь понимании наиболее распространены в мире. Их создание осуществлялось, начиная с 60-х годов, с использованием традиционных СУБД, включая как традиционную табличную информацию с пространственной привязкой, так и данные дистанционного зондирования. В этом случае основополагающей целью создания данных ГИС является автоматизация картографии, выдача пользователю разнообразных по содержанию и способам оформления тематических карт в виде "твердых копий" (Берлянт, 1989; Сербенюк, 1988; 1989; Тикунов, 1989).

### **Геоинформационные технологии.**

Рассмотрим еще один момент, не относящий к классификации самих ГИС, но тесно с ними связанный. Это выполнение проектов с использованием геоинформационных технологий.

Реализация таких проектов обычно включает сбор первичной информации, ввод ее в компьютер и/или поиск в других базах уже имеющейся информации по изучаемой территории, совмещение информации на едином масштабном уровне путем генерализации или заполнения "белых пятен" с использованием геоинформационных инструментов и моделей, специфичных для предметной области. Компьютерные геоинформационные методы при этом повторяют традиционные методы аналитической картографии. При этом необходимо соблюдать основные требования, предъявляемые к ГИС: полнота (охват всех сторон

информационного, программного и технического обеспечения) и комплексность системы (Тикунов, 1997).

Еще одним взглядом на геоинформационные технологии могут быть средства и методы их функционирования. На самом внешнем уровне они включают:

- средства ввода и преобразования данных;
- средства хранения данных;
- средства выборки данных;
- средства обработки и моделирования данных;
- средства вывода данных.

*Средства ввода и преобразования данных.* Сюда обычно включают средства цифрования карт и данных дистанционного зондирования (сканеры, дигитайзеры), ввод полевой координатной информации, в том числе геодезической и от систем GPS (спутниковой навигации), использование специфичных для предметных областей источников информации (данные о физико-химических свойствах почв, их эродированности и т.д.).

*Средства хранения данных.* Подсистема хранения данных обычно включает одну из традиционных СУБД для хранения атрибутивной информации и средства для хранения пространственной информации. Пространственная информация иногда хранится в тех же СУБД что и табличная, но чаще из соображений эффективности для ее хранения используют специальные системы, включающие специфические для пространственной информации средства поиска и обработки.

*Средства выборки данных.* Средства выборки данных включают интерфейс пользователя для поиска информации в системе как с использованием традиционных для СУБД методов, так и с использованием пространственных характеристик. По сравнению с



обычной картой это позволяет получать нужную, контекстно-связанную информацию.

*Средства обработки и моделирования данных* (подсистема анализа) являются, по образному выражению Майкла ДеМерса (1999, с.13), "сердцем" ГИС. Средства обработки и особенно моделирования весьма отличаются для разных предметных областей. Общими, кроме традиционных средств, применяемых в СУБД обычно являются средства типа "оверлея" (наложения), преобразования путем построения изолинейных карт, буферов (новых объектов, получаемых проведением линий на заданном расстоянии от существующих объектов), морфометрических преобразований (построение карт уклонов и экспозиций, тальвегов, карт расстояний от водоразделов по линиям стока и т.д.). Развитые средства обработки и моделирования значительно повышают возможности ГИС, приближая ее к уровню экспертных систем. В нашем уровне задач эти возможности реализованы при прогнозе развития смыва почв на непосещенных территориях, при сокращении лесопокрытых площадей и в оценках воздействия на ОС. В этом случае приходится работать с "нечеткими" знаниями, используя методы "нечеткой" логики, "нечетких" множеств, фрактального анализа, нейронных сетей (Ермолаев, Савельев, 1999). В частности, эти средства предполагают возможность относить территориальные единицы не просто к одному из классов, а одновременно к нескольким классам с различными функциями принадлежности, что позволяет решать задачи районирования, когда границы между классами имеют нечеткий, переходный характер.

*Средства вывода данных.* Средства вывода включают обычно как получение информации в табличной форме, так и построение карт и картосхем различного качества, начиная от весьма

условных (например, на базе грубых сеток), кончая созданием картографических произведений, соответствующих самым строгим требованиям картографии.

Заканчивая раздел, посвященный понятиям ГИС, отметим, что известны и другие аспекты их классификаций. Так, ГИС подразделяются на проблемно- и методоориентированные (Трофимов, Панасюк, 1984); по степени отражения географического пространства - на пространственные и "непространственные" (McLaughlin, Nicolas, 1986); по функциональному назначению (Королев, 1998); по территориальному охвату - на региональные и глобальные (Кошкарев, Каракин, 1987, 1998; Ермолаев, 1998); и наиболее многочисленную группу формируют ГИС по тематической ориентации (Чепурной, 1987; Ермолаев, Мухарамова, Савельев, 1997; Михайлиди, 1998 и др.).

*Создание геобазы данных.* Это один из ключевых моментов ГИС-картографирования. Потребность использования пространственной информации при анализе состояния окружающей среды очевидна, поскольку невозможно оценить состояние природных систем в одной точке, без учета пространственного контекста. Последний понимается в широком смысле, т.е. не только как пространственное окружение в одном масштабе, но и как вхождение в пространственные объекты на различных масштабных уровнях, например вхождение ландшафтных топологических ландшафтных выделов в более крупные ландшафтные единицы.

Поскольку наиболее трудоемким и требующим основных ресурсов этапом создания ГИС является именно создание геоинформационной базы данных (ГеоБД), на данном этапе следует остановиться несколько подробнее, поскольку именно его правильная

реализация обеспечивает успешность работы всей системы в целом.

Основной проблемой на данном этапе является наполнение ГеоБД. Несмотря на то, что в настоящее время накоплены значительные объемы пространственной информации, представленной в цифровом виде, их использование для наполнения ГеоБД экологической направленности зачастую затруднено в силу принципиальных причин, а именно в силу использованной при их создании модели данных. Создание ГеоБД требует выбора модели данных, и самое главное, концептуальной модели предметной области. Для систем экологической направленности в качестве модельных объектов естественно выбирать именно природные единицы (речные бассейны или ландшафтные выделы). Между тем имеющаяся в компьютерном виде информация обычно представлена либо в виде топографических карт (с использованием соответствующей модели, мало пригодной для использования в экологической ГеоБД), либо в виде «карты фактов», содержащей пространственно-привязанные объекты и информацию о них (источником такого рода информации являются и традиционные топографические слои, представленные в цифровом виде).

Таким образом, уже на этапе создания ГеоБД требуется использование развитых гео-информационных средств, предназначенных для автоматизации выделения требуемых пространственных объектов и явлений. Типичными примерами является преобразование рельефа. Он традиционно представлен в изолинейном виде в рамках векторной модели данных или в виде ЦМР (цифровая модель рельефа, представленная в растровой модели данных) с последующим расчетом локальных (уклон, экспозиция) и нелокальных

(гидрологических) морфометрических характеристик, которые в свою очередь используются для классификации форм рельефа при выделении ландшафтных единиц, бассейнов, и т.д. Информация, содержащаяся в «картах фактов», тоже редко используется напрямую и требует использования геоинформационных технологий для ее преобразования. Например, расположения и характеристики источников выбросов в атмосферу являются источником информации о нагрузке на атмосферный воздух, однако они могут быть использованы лишь после предварительных расчетов, имеющих существенную пространственную составляющую, зависящую от масштаба анализа. Так, на детальном масштабном уровне для анализа необходим учет каждого источника, распределение метеоусловий, и т.д. При уменьшении масштаба на следующий уровень интерес представляет уже общая нагрузка всех источников в пределах некоторой пространственно обособленной единицы, не испытывающей значительного влияния других аналогичных единиц, например населенного пункта. В этом случае используется балансовый метод, основанный на «разбавлении» выбросов в результате переноса воздушных масс. На еще более генерализованном (региональном) уровне интерес представляет уже распределение суммарной нагрузки на атмосферный воздух между достаточной крупными ОТЕ. В частности, для территории достаточно табличной информации о суммарных выбросах, и обобщенной информации о распределении нагрузки внутри ОТЕ по более детальным ОТЕ, например, средние и максимальные значения, которые необходимы для принятия решений на региональном уровне.

Другим примером перехода от «карты фактов» к ГеоБД является перенос в нее данных о

пространственном контексте, например, расстоянии до объектов, создающих нагрузку на ОС. В качестве примера можно привести транспортную инфраструктуру (как дорожную сеть, так и трубопроводный транспорт), нагрузка на ОС от которого зависит от расстояния до объектов этой инфраструктуры. В зависимости от масштаба, в котором выполняется анализ, это может быть пространственно-распределенная информация (расстояние до объектов), преобразованная в балльную оценку в соответствии с их типом и расстоянием до них, либо численная величина (например, протяженность дорог на один км<sup>2</sup>), отнесенная к более крупным ОТЕ (например, административный район).

*Потребность унификации информации.* Еще одной задачей, решаемой на этапе создания ГеоБД, является выбор ОТЕ. Этот выбор обусловлен комплексом факторов, в первую очередь детальностью информации и пространственными объектами, к которым она относится, а также административными и хозяйственными единицами, входящими с систему принятия управленческих решений.

При пространственной оценке состояния ОС наиболее подходящим вариантом является выбор единой системы унифицированных ОТЕ в рамках растровой модели данных, позволяющий с использованием одинаковых методов выполнять анализ на различных уровнях масштабной иерархии. Такая унификация обеспечивает эффективное использование как средств геоинформационного анализа, так и традиционных статистических моделей и расчетов. Перенос информации на выбранные ОТЕ осуществляется упомянутыми выше методами. При этом разных слоях на тех же ОТЕ может быть представленная информация разной степени генерализации, поскольку такой выбор ОТЕ ограничивает лишь

наиболее детальный уровень представления. Таким образом, достигается (за счет использования различных слоев) пространственное совмещение всей имеющейся информации на единой системе ОТЕ, и ее комплексный анализ. Еще одним аспектом унификации данных, необходимым для комплексного анализа (помимо пространственного совмещение ОТЕ) является преобразование всей информации к единой «системе координат», т.е. представление ее в сопоставимых единицах, например в балльной нагрузке на ОС. Следует отметить, что такие представления с использованием той же самой ГеоБД, может быть создано несколько, что позволяет анализировать состояние ОС в различных аспектах.

### Выбор типов ОТЕ

При пространственном анализе какого-либо природного явления принципиальное значение имеет выбор операционной территориальной единицы (ОТЕ), адекватной решаемой задаче. В практике геоэкологических исследований нашли применение все существующие на настоящее время ОТЕ.

*Выборочная характеристика* или использование в качестве ОТЕ ключевых (эталонных) участков. В качестве подобных участков выступают отдельные элементы речных долин (склоны, террасы, поймы, водоразделы), небольшие водосборы (ложбинные, овражно-балочные, притоки первого порядка и т.д.), опытные хозяйства. Как правило, в этих ОТЕ осуществляется детальное картографирование, например, эрозионных процессов, постановка стационарных наблюдений за стоком и интенсивностью эрозии, а также проведение разнообразных полевых экспериментов. Все очевидные достоинства, характерные этим территориальным единицам, становятся мало

пригодными для целей региональных (среднемасштабных) исследований. В первую очередь это касается репрезентативности ОТЕ, а, следовательно, надежности использования данных при географической экстраполяции результатов наблюдений.

*Геометрические регулярные сетки* широко используются для количественной оценки факторов природно-антропогенных процессов и явлений. Этот подход в методическом отношении наследует широко распространенный в географических исследованиях метод систематических выборок (Стурман, 1996; Математические методы..., 1976). Недостатком геометрических сеток при изучении ряда опасных процессов (той же эрозии) очевиден и заключается в первую очередь в обобщенной пространственной привязке. Кроме того, сетки часто не отражают условий формирования поверхностного стока, функцией которого является эрозия. Уменьшение же размера сетки приводит к резкому увеличению объемов работ.

В то же время использование регулярных растровых сеток на цифровых картах, на наш взгляд весьма перспективно при сборе фактического материала, его количественной оценке и, особенно, районировании. Явные преимущества таких регулярных сеток заключаются в возможностях выбора шага сетки (размера ОТЕ), в удобстве пространственного моделирования, быстрого получения больших массивов фактического материала. Чаще всего для этих целей используется программный пакет "SURFER". Работа сводится к аппроксимации картографируемых показателей по значениям, локализованным в опорных точках, которые "привязаны" либо к центру квадратов сетки, либо к ее узлам. При этом точность создаваемой модели может регулироваться шагом сетки, а ее ячейки одновременно выступать в качестве

самостоятельной ОТЕ, так и в качестве "скользящего" окна при интерполяции данных на другие типы ОТЕ (бассейны, административные районы и т.д.). Например, при создании цифровой модели рельефа ячейки регулярной сетки являются самостоятельными территориальными единицами. При переносе на другие ОТЕ (бассейны) информации с регулярных сеток основным методическим приемом становится интерполяция. Для этого используются методы пространственного моделирования, когда по данным исходной сетки вычисляется показатель в точках новой сетки. А сама пространственная сетка превращается затем в векторный геоинформационный слой, состоящий из точек - ОТЕ. Такие ОТЕ просто незаменимы при разработке ГИС-технологий процессов сбора, хранения и обработки информации. Они также являются наиболее эффективным средством для создания картографических банков данных (Кошель и др., 1990; Крупочкин, 1998), удобны при автоматизации построения карт различного содержания, в том числе оценочных.

*Политико-административное* и *хозяйственное деление* используют наиболее часто для целей управления территориями. Выбор таких единиц определяется потребностями органов государственной власти и местной администрации в разнообразной информации по территории и для принятия управленческих решений. Здесь подкупает простота выделения территориальных единиц. Существенное значение приобретает также имеющаяся информация инвентаризационного плана (о площадях, занятых под пашню, сенокосы, дорожную сеть, населенные пункты, гидрографические объекты, данные по типам землепользования, севооборотам и т. д.). В то же время, хорошо известен случайный характер в проведении административных границ, они не соответствуют природным: рубежам. Так,



обобщенные средние показатели антропогенной нарушенности ландшафтов, эродированности почв абсолютно не отражают пространственной дифференциации изучаемых явлений внутри административного района, резко изменяются на их границах, создавая иллюзию контрастов.

*Ландшафтный подход* (привлечение различных единиц физико-географического и ландшафтного районирования) считается наиболее обоснованным при анализе экологически неблагоприятных процессов. Он в максимальной степени учитывает разнообразие природных условий в типологических единицах разной таксономии. В отличие от многих других комплексных наук физико-географического направления, где распространение изучаемых ими природных феноменов рассматривается континуально с постепенными или резкими количественными изменениями одних и тех же показателей свойств компонентов, ландшафтоведение исходит из дискретности ПТК. Качественная определенность последних обуславливается не механической суммой свойств их компонентов, а своеобразием (уникальностью) межкомпонентных связей (Цесельчук и др., 1975). У любой территории есть характерная для нее морфологическая структура, в которой каждая топологическая единица имеет четко обособленную границу. Иерархия этих единиц достаточно хорошо разработана. Это позволяет переходить к тому или иному таксономическому рангу ландшафтов в зависимости от уровня генерализации исследований. Между тем, нельзя не отметить существование ряда проблем, детально рассмотренных в работе В.И.Стурмана (1996). Выделим только некоторые из них.

В первую очередь это относится к выбору определенного природного рубежа, проведение которого всегда является волевым актом и потому субъективно (Арманд, 1975). Нет также

однозначных взаимоотношений между единицами физикогеографической (страна - зона - провинция - подзона - округ - район) и ландшафтной (класс ландшафтов - вид ландшафтов - местность - урочище - фация) таксономии (Михели, 1993). Другой проблемой является слабая ландшафтная изученность. Часто по региону исследований не существует изданных ландшафтных карт среднего масштаба.

Вполне очевидным является факт весьма ограниченного использования ландшафтных единиц при геоэкологических исследованиях. Чаще мы наблюдаем лишь декларирование такого подхода. Во многом это обуславливается большой трудоемкостью составления ландшафтных карт, а подчас просто отсутствием нужного фактического материала и высокими требованиями, предъявляемыми к квалификации исследователя.

Ограничения возникают и в результате генерализации, приводящие существенной трансформации морфологической структуры ландшафтов при переходе в тот или иной масштабный ряд.

Теоретическое и методическое обеспечение ландшафтного подхода можно рассмотреть на примере изучения природно-антропогенной эрозии, которое приводится в работах Г.И.Швебса (1987), Ю.Н.Цесельчук, Л.Б. Бирюковой, Т.И. Великоцкой (1975), J. Stan Rowe (1996) и др. Так, Г.И.Швебс вводит понятие о природно-хозяйственных территориальных системах (ПХТС), которые формируются в зависимости от природных условий, вида хозяйственной деятельности, интенсивности антропогенного воздействия и на локальном уровне могут вполне выступать в качестве самостоятельной ОТЕ. Только на ландшафтной основе можно с наибольшим успехом решить одну из основных задач эрозионных исследований - выявление типов эродированных земель, их систематизацию и

разработку региональных эрозионных моделей. Сами ландшафтные классификационные единицы более полно и всесторонне отражают агропроизводственные достоинства земель, чем единицы почвенной классификации, а степень различий, отражаемая природно-территориальными комплексами, находится в соответствии с их таксономическим рангом (Цесельчук, 1975). В зарубежных исследованиях чаще всего ландшафтный подход к эрозии реализуется при изучении параметров водного баланса бассейнов и закономерностей формирования склонового стока с учетом разнообразия почвенных катен, состава горных пород, гидро-климатических показателей, растительности и категорий сельскохозяйственного использования земель и получил определение ландшафтно-экологического (Landscape Ecology). Такие работы проводятся, как правило, на небольших экспериментальных участках (plots) в крупном масштабе (Galon, 1964; Marosi, Szilard, 1964; Gregory, Walling, 1983). Зависимости развития эрозионных процессов от ландшафтной структуры рассматриваются в границах экологических регионов и секторальных экосистем (Stan, 1996; Bergen и др., 1985), соответствующих в отечественной таксономии виду ландшафтов.

Очень перспективный подход при изучении природно-антропогенной эрозии, весьма близкий к ландшафтному, предложен Л.Ф.Литвиным (2000). Им в качестве территориальной единицы анализа ЭП используется понятие эрозионно-склоновой геосистемы (ЭСГС), понимаемой как наклонный участок земной поверхности, в пределах которого комплекс ландшафтных процессов и условий обуславливает разрушение почв и транспорта наносов однонаправленными поверхностными склоновыми потоками.

*Бассейновый* подход при структурно-функциональном анализе природной среды

считается наиболее приемлемой ОТЕ. Обоснование такого подхода встречается в многочисленных публикациях отечественных и зарубежных исследователей (Маккавеев, 1955; Дьяконов, 1975; Швебс, 1981; Дедков, Мозжерин, 1984; Тимофеев, 1984; Бобровицкая, 1986; Егоров, 1988; Ковальчук, Чкалов, 1992 и др.

Наиболее часто бассейновый подход используется при оценке твердого стока рек, овражной эрозии и значительно реже в изучении почвенной эрозии. В зависимости от масштаба проводимых работ размеры бассейнов, привлекаемых к анализу, сильно варьируют: от десятков тысяч (Дедков, Мозжерин, 1984) до нескольких гектаров при выделении так называемых морфологических единиц - ЕМЕ (Тимофеев, 1984).

Выбор речных бассейнов в качестве основной территориальной единицы регионального анализа обуславливается рядом их преимуществ перед другими типами ОТЕ, рассмотренными выше. Отметим главные признаки:

- Речной бассейн отвечает всем условиям, присущим геосистемам (Дьяконов, 1988; Ретеюм, 1975 и др.). Они обладают свойствами целостности, уникальности, иерархичности, устойчивости, саморегулирования, структурности и функциональности, мозаичности и ориентированности. Речной бассейн - часть земной поверхности, включающий почво-грунты, приземный слой воздуха и растительный покров. Интегральная функция стока (водного, биогенного, ионного, твердого и т.д.) отражает суммарный эффект режимов функционирования ПТК (Дьяконов, 1988). Кроме того, водосборный бассейн вычленяет определенное ландшафтное образование, внутри которого уровень производства первичной биологической продукции и элементов питания выше, чем на ее

границе, что соответствует основополагающим принципам выделения экосистем (Федоров, 1999).

- Для бассейнов характерен однонаправленный поток вещества и энергии. В нем образуются так называемые "разомкнутые геокомплексы" (по А.Ю.Ретеюму) или системы с горизонтальными связями. В этом понимании бассейны формируют анизотропную категорию структур в пространственной организации планетарных процессов и явлений (Вернадский, 1965; Арманд, 1975), для которых характерны однонаправленные градиенты вещественно-энергетических полей и соответствующих латеральных геопотоков (Коломыц, 1998). При этом исследования по СБЭ (Ермолаев, 1992), хорошо подтверждают подобные свойства бассейновых геосистем.

- Объективность и относительная простота выделения границ однопорядковых бассейнов, что повышает репрезентативность территориальных единиц.

- Возможности "конструирования" ОТЕ при переходе в разные масштабы. Это позволяет использовать бассейны как топологическую единицу при последовательном переходе от локального к региональному, а затем глобальному уровням исследования.

- Бассейны с максимальной достоверностью позволяют моделировать процессы эрозии, стока, строить балансовые уравнения с использованием традиционных методов и ГИС-технологий.

Для однопорядковых бассейнов характерна близкая по составу и пространственной организации морфологическая структура ландшафтов. Это позволяет оценить развитие эрозии почв в различных типах местности при многообразной топологии компонентов ПТК.

**VII. Методы количественных оценок состояния окружающей среды и нарушенности ее компонентов.** Под экологической оценкой состояния геосистемы понимается в первую очередь оценка степени благоприятности ее для проживания человека. Среда оценивается как в естественном состоянии, так и в условиях техногенной нагрузки. В работах А.П. Капицы и Ю.Г. Симонова, (Хомяков и др.,1999), дан достаточно полный анализ методов оценки природных территориальных компонентов, выделяются интуитивные и количественные методы. В свою очередь интуитивные методы подразделяются на: 1) методы морфологического анализа; 2) аналогий; 3) экспертных оценок; а математические на: 1) статистические; 2) приемы теории информации; 3) теории множеств 4) методы алгебры и геометрии 5) математического анализа 6) математической логики и т.д.\*

Морфологический анализ включает в себя целый ряд приемов, объединенных по одному принципу - систематизированному изучению объекта с целью выявить его структуру и основные закономерности развития. Метод имеет существенный недостаток, он не позволяет оценить "скорость реагирования" объекта на внешнее воздействие и сроки наступления реакции на воздействие.

Метод аналогии основан на поисках объектов - аналогов, о которых известен их отклик на те или иные воздействия. Достоинством его являются хорошая методологическая разработанность, возможность привлечения накопленной традиционной качественной информации. Недостатки: далеко не во всех случаях можно найти районы - аналоги, подвергшиеся данным типам воздействия и при этом наблюдавшиеся исследователями.

---

\* Раздел написан при участии Усманова Б.М., Савельева А.А.

Метод экспертных оценок характеризует само название. Предложенные методики основаны на анализе мнений и выводов различных экспертов о будущем состоянии изучаемого объекта. Этот метод используется в тех случаях, когда исходная информация недостаточно достоверна, часть информации имеет качественный характер и не имеет количественного выражения, необходимая информация отсутствует, а ее получение связано с большими затратами времени и средств. Суждения экспертов позволяют хотя бы частично компенсировать недостаток информации и повысить ее качество на основе индивидуального или коллективного опыта. Математические методы рассмотрим несколько подробнее в их увязке с геоинформационными технологиями.

Математические методы комплексных оценок. Сущность задачи заключается в получении некоторой обобщенной экологической оценки (называемой также индикатором или индексом), которая агрегирует большое количество предварительно измеренных частных факторов (Кузнецов, 1998).

При использовании геоинформационных технологий такое обобщение достаточно разнородных факторов и создание на его основе карт комплексной оценки требуют соблюдения, по крайней мере, двух главных правил (например, Экологический атлас..., 1992): 1) каждый фактор считается постоянным в пределах небольшого района стандартных размеров (ОТЕ, используемой для комплексной оценки); 2) измеренные значения частных факторов отображаются в виде их относительной оценки в некоторой дискретной шкале.

В случае, когда таких показателей немного, использование комбинаций их значений для построения легенды дает возможность выработать легенду, позволяющую сравнивать ОТЕ между

собой, а также стандартизировать и компьютеризировать саму процедуру экологического оценивания, фактически решая построением такой легенды задачу комплексной ординации ОТЕ по их экологическим характеристикам.

Если же число объединяемых показателей велико, и заранее не ясно, на какие дискретные диапазоны могут быть разбиты их значения, то для построения комплексной оценки требуется разработка специальных математических методов. Краткий обзор таких методов, основанных как на применении математической статистики, так и на методах распознавания образов, приводится ниже (Ермолаев, Савельев, Усманов, 2007).

Основой для применения математических методов является унификация всех показателей с использованием выбранных ОТЕ, в результате все данные могут быть представлены для обработки в табличном виде. Введем следующие обозначения:

$i=1,..,n$  - номер частного экологического показателя (фактора);

$x_1 \dots x_n$  - значения частных экологических факторов для данной ОТЕ;

$z$  - комплексная экологическая оценка (КЭО).

Будем также использовать термин индикатор в качестве синонима  $x_i$ , и термин индекс в качестве синонима для КЭО -  $z$ . На основании представленной схемы задача определения КЭО в наиболее общем виде формализуется следующим образом.

Имеется множество частных экологических факторов и/или оценок:

$$X = \{x_i\}, \quad x_i \in N_i, \quad i = 1, \dots, n$$

Требуется найти КЭО:  $Z \in N_0, \quad Z = f(X)$ .

Здесь  $N_i, N_0$  - некоторые множества (например, подмножества целых и/или действительных чисел),  $f(X)$  - некоторое отображение:  $f(A): N_1 * N_2 * \dots * N_n \rightarrow N_0$ , ставящее в



соответствие каждому набору элементов  $x_1 \dots x_n$  элемент  $z$  из множества  $N_o$ .

Таким образом, математическая модель КЭО включает определение множеств  $N_o, N_j, \dots, N_n$  и определение отображения  $f(A)$ . Обычно указанные множества задаются экологами как шкалы оценок или определяются допустимыми значениями измеряемых факторов. Следовательно, основная проблема КЭО сводится к выбору подходящего отображения оценивания, позволяющего ординировать ОТЕ на некоторой шкале, соответствующей построенной КЭО.

С математической точки зрения такой выбор в общем случае должен включать два этапа: 1) выбор множества (класса) отображений, исходя из особенностей конкретной задачи и/или имеющихся ограничений; 2) определение конкретного отображения по имеющимся исходным данным. Классическим аналогом такого подхода является аппроксимация функции:

$f(X) = a_1 g_1(X) + \dots + a_m g_m(X)$  путем разложения ее по базисным функциям  $g_1(X), \dots, g_m(X)$ .

Здесь первый этап включает выбор базиса, в качестве которого обычно используют какой-либо вариант классических ортогональных полиномов (Суэтин, 1976). На втором этапе вычисляются коэффициенты разложения  $a_1 \dots a_m$  по известным значениям функции в некоторых заданных точках.

Наиболее простым вариантом такого подхода можно считать линейные оценки вида:

$$Z = w_1 x_1 + \dots + w_n x_n$$

Здесь выбор конкретного отображения сводится к выбору весовых коэффициентов  $w_1, \dots, w_n$  (примером такой оценки может являться метод взвешенных баллов - "Математические методы...", 1976). Выбор более сложных нелинейных зависимостей в явном виде вряд ли подходит для задач КЭО. Во-первых, для определения коэффициентов при нелинейных членах разложения объем требуемых исходных данных

может оказаться, практически, неприемлемым, особенно при большом количестве индикаторов. И, во-вторых, точность расчета КЭО окажется несоизмеримо выше точности исходных данных, особенно огрубленных в случае использования дискретных шкал.

Исходя из отмеченных особенностей КЭО, ниже рассмотрены наиболее распространенные математические методы решения задач аналогичного характера. Их можно свести к двум подходам и сформулировать как 1) определение линейных коэффициентов статистическими методами и 2) определение отображения в неявном виде с помощью экспертных оценок или распознавания образов.

Первый подход реализуют хорошо известные в математике методы анализа главных компонент и факторного анализа. Метод главных компонент основан на анализе ковариационной матрицы переменных-индикаторов (Лоули, Максвелл, 1967; Рао, 1968). Его сущность заключена в применении к индикаторам ортогонального преобразования для получения некоррелированных индексов, имеющих максимальную дисперсию.

Факторный анализ также использует структуру ковариационной матрицы, предполагая, что корреляция между индикаторами возникает под влиянием некоторого общего фактора  $Z$ , который, поэтому имеет смысл рассматривать как индекс. Хотя формально компонентный и факторный анализ до некоторой степени похожи друг на друга, следует отметить, что они различаются по целям. В то время как метод главных компонент ориентирован на объяснение наблюдаемых дисперсий, факторный анализ ориентирован на объяснение корреляционных связей.

Отметим, что для экологических данных применение этих методов может оказаться не вполне корректным и явно недостаточным. Дело в

том, что хорошо известные линейные статистические методы компонентного и факторного анализа имеют также хорошо известные слабые стороны. Во-первых, они предназначены для нормально распределенных выборок. Во-вторых, количество главных компонент или общих факторов, которые необходимо учитывать, на практике оказывается достаточно велико (Рао, 1968). И, в-третьих, получаемые главные компоненты или общие факторы допускают физическую интерпретацию лишь в редких случаях. Отмеченные эффекты не раз проявлялись на практике: первый, как правило, требует применения довольно искусственных преобразований исходных измерений (логарифмирования, центрирования, нормирования), в то время как второй и третий эффекты не позволяет сделать каких-либо нетривиальных выводов на основании получаемых результатов.

Второй подход, определяющий отображение в неявном виде, реализуется путем математической обработки экспертных оценок или применением методов распознавания образов. Пусть  $j=1, \dots, n$  означает номер ОТЕ на карте. Пусть имеется  $t$  экспертов, где  $i=1, \dots, t$  означает номер эксперта. Пусть каждый эксперт упорядочивает ОТЕ, выстраивая их по возрастанию или убыванию КЭО. К примеру, первое место отдается ОТЕ, имеющему, по представлению данного эксперта, наилучшее качество среды, второе место - наилучшему из оставшихся ОТЕ и т. д. Иными словами,  $i$ -й эксперт приписывает  $j$ -му ОТЕ порядковый номер (ранг, индекс)  $r_{ij}=z$ , где  $z=1, \dots, n$ , причем  $r_{ij} \neq r_{ik}$ ,  $j \neq k$ . В результате получаем матрицу  $R=[r_{ij}]$ , строки которой  $R_i$  представляют собой перестановки целых чисел  $1, \dots, n$ . Теперь задача заключается в том, чтобы по этой матрице сделать, возможно, более достоверные выводы об "истинном" порядке следования объектов.

К ее решению существует два наиболее распространенных подхода. Первый предполагает искать компромиссную точку зрения - нечто вроде равнодействующей всех высказанных мнений. Это мнение - в определенном смысле ближайшее к совокупности высказанных мнений. Математическое оформление этого замысла составляет содержание первого подхода, который можно назвать алгебраическим (Тюрин, 1978), в рамках которого ищется упорядочивание  $R_o$ , в каком-то смысле ближайшее к набору  $R_1 \dots R_m$ . В качестве расстояния между двумя произвольными перестановками обычно используют функцию, предложенную Дж.Кемени и Дж.Снелом.

Другой подход имеет статистический характер. В нем ранжировка, данная каждым экспертом, считается искаженным вариантом "правильного" упорядочивания. Ошибки, совершаемые разными экспертами при упорядочивании, считаются случайными в том смысле, какой принято придавать этому слову в математической статистике. При статистическом подходе к обработке экспертных оценок также используется аналог расстояния между упорядочениями. Определяется упорядочивание  $R_o$ , наиболее коррелированное (с использованием коэффициента ранговой корреляции Спирмена) со всеми экспертными упорядочениями  $R_1 \dots R_m$ . Такое упорядочение можно считать комплексной экологической оценкой ОТЕ, наиболее соответствующей имеющимся экспертным оценкам. Этот способ называют также упорядочением по средним рангам, и практически он наиболее употребим.

Применительно к задачам КЭО рассмотренные математические подходы обладают следующими недостатками. В реальности количество ОТЕ может оказаться достаточно велико и оценка такого объема данных экспертами весьма затруднительна, если вообще имеет смысл.

Более того, не допускается выставления двум районам одной и той же оценки одним экспертом (дележ мест), тогда как на практике подобное положение вещей является скорее правилом, чем исключением. Кроме того, при достаточно противоречивых мнениях экспертов полученный строгий результат может, скорее, озадачить.

При применении методов распознавания образов вектор индикаторов  $X$  трактуется как образ, принадлежащий пространству признаков  $\{X\}$ . Задача обучения сводится к разбиению пространства признаков на классы, а задача распознавания сводится к определению класса  $z_k = \{X\}_k$ , который и будем считать индексом или КЭО вектора индикаторов  $X$ . Если пространство признаков уже разделено на известные классы (например, с помощью экспертов), то говорят об обучении "с учителем"; если число классов и сами классы заранее неизвестны, то говорят об обучении "без учителя" (самообучении).

Отнесение различных векторов индикаторов к одному классу может рассматриваться как агрегация, или обобщение, исходных данных. Для этой операции характерны два связанных, противоположно направленных действия - объединение подобных и отделение отличающихся векторов. Ключевым для распознавания образов является оценка степени сходства между двумя векторами, математически задаваемого с помощью векторной нормы (Евклидовой, Чебышевской, Манхэттен и др.), которая формализует понятие геометрической близости. Наиболее известны алгоритмы типа ISODATA (Ball, Hall, 1966), Форель (Айвазян и др., 1973),  $k$ -средних, метод нейронных сетей Кохонена (Kohonen, 1997). Когда пространство признаков разбито на классы, решается задача распознавания, позволяющая получить формальное описание классов, например, в виде решающих правил с использованием набора

эталонов, выбора ближайшего соседа, линейного дискриминантного анализа, Байесовских процедур (Айвазян и др., 1973). Реализация данного метода рассмотрена ниже на примере выявления геоэкологической функции рельефа в развитии эрозии почв (Ермолаев, Савельев, 2000).

Поскольку прямое построение регрессионных зависимостей характеристик рельефа и степени смытости почв затруднительно в силу существенно нелинейной и сложной формы такой зависимости, представляется разумным выделить устойчивых сочетаний различных характеристик рельефа, связанных с определенной формой и степенью развития эрозии почв (ЭП). В последующем такие сочетания можно использовать для районирования территории, что позволит прогнозировать и оценивать эрозионные процессы на основе характеристик рельефа. Это представляет интерес как с теоретической, так и с практической точек зрения.

В силу этого возникает необходимость рассмотреть различные методы многомерной классификации, которые могут быть использованы для районирования территории по характеристикам рельефа, и оценить их достоинства и недостатки с точки зрения решаемой нами задачи.

Для анализа зависимости процессов эрозии от характеристик рельефа важно не столько само разделение всех возможных комбинаций характеристик на обозримое и поддающееся анализу число классов, как соотнесение каждого такого класса с некоторым набором "типичных" для него характеристик, с использованием которых и выполняется сам анализ. Такая замена некоторого множества наборов характеристик на один типовой или эталонный набор называется классификацией (квантизацией).

Обычно процесс классификации состоит из нескольких последовательных этапов (Айвазян,

1974). На первом этапе определяются эталонные элементы классов, а на втором происходит разбиение всего пространства характеристик на классы, порождаемые эталонными элементами. Поскольку существуют различные подходы как к определению эталонных элементов, так и к разбиению на классы и оценке качества квантизации, то их нужно рассмотреть подробнее с точки зрения пригодности для решения поставленной задачи.

Для построения классов по эталонным элементам обычно применяется так называемое дистанционное разбиение, когда каждый набор характеристик относится к тому классу, к эталонному элементу которого он ближе всего в смысле некоторой меры расстояния. При использовании в качестве такой меры обычного Евклидова расстояния классы разделяются между собой гиперплоскостями и представляют многомерные неправильные многогранники (в двухмерном случае это многоугольники диаграммы Вороного). При использовании других мер расстояния, например расстояния Махалонбиса, границы между классами могут быть и нелинейными.

Качество такого разбиения можно оценивать двумя способами: либо по "размеру" полученных классов (например, среднее расстояние до эталонного элемента), не учитывая особенности распределения наборов характеристик на конкретной территории; либо при использовании дополнительной информации. В последнем случае при анализе качества разбиения оценивается не сам "размер" класса, а вероятность отнесения набора характеристик рельефа произвольно взятой точки в данный класс.

Использование первого способа дает возможность более равномерного разбиения пространства существующих параметров, причем такое разбиение может оказаться

нерациональным, поскольку некоторые классы могут быть почти пусты для данной территории. Фактически, такие методы позволяют выявлять все многообразие сочетаний характеристик рельефа на данной территории, в том числе и те, которые встречаются крайне редко, но сильно отличаются по значениям от остальных. Для нашей же задачи гораздо важнее представить именно типичные сочетания характеристик, широко представленные на территории, не обращая особого внимания на уникальные их сочетания, поэтому нам больше подходят методы, использующие второй способ.

Из всех таких методов ранее использовались в основном итерационные алгоритмы, дающие представление всего многообразия характеристик в виде композиции нормально распределенных классов, обычно одинакового "размера", с различными относительными плотностями. Такой подход имеет ряд недостатков, как связанных с вычислительной сложностью, так и с теоретическими ограничениями, вызванными его параметрической природой.

В последнее время, однако, появился новый класс непараметрических адаптивных нейросетевых алгоритмов, предназначенных именно для анализа структуры распределений, более пригодных для решения поставленной задачи, а именно самоорганизующиеся отображения Кохонена (Kohonen, 1997). При их применении достигается два преимущества перед традиционными алгоритмами:

- Эталонные элементы классов выбираются таким образом, что построенные по ним классы учитывают особенности распределения различных сочетаний характеристик на конкретной территории. Это означает, что даже отдаленно похожие, но редко встречающиеся сочетания характеристик рельефа будут объединены в один класс, в то время как похожие, но очень часто



встречающиеся наборы характеристик будут разбиты на несколько различных классов.

- Полученные классы упорядочены (в силу самого алгоритма) в прямоугольную двумерную решетку (или таблицу) таким образом, что два близких по набору характеристик класса расположены в соседних ячейках этой решетки. Такое расположение позволяет ранжировать классы по естественным показателям (набору характеристик), и, за счет указанного упорядочения, детально изучать изменение эрозионных процессов при переходе от класса к классу.

Для построения такой классификации авторами была разработана компьютерная программа, способная обрабатывать большие объемы информации, и проведена классификация в двух вариантах: только для записей, соответствующих точкам внутри контуров эрозии, и для всей базы данных. После построения классов была проведена их калибровка, т.е. для каждого класса было определено, какое количество точек в нем соответствует контурам со слабо, - средне - и сильно смытыми почвами. Сравнение распределения таких точек по отношению к среднему по территории, анализ которого приводится ниже, позволило выявить некоторые интересные зависимости эрозионных процессов от локальных характеристик рельефа.

Первоначально размер нейронной сети в нашем примере составил 15 на 15. Это дало нам 225 классов эрозионного рельефа. Такое большое количество классов оправдано для компьютерной обработки. При традиционных методах анализа лучше использовать меньшее количество классов. Поэтому на втором этапе районирования исходные показатели были разбиты нейронной сетью на 9 классов. Основные параметры рельефа и ЭП представлены в следующей таблице:

## Характеристика эрозионного рельефа по классам нейронной сети

Класс	Абс. высоты	Распределение экспозиций, %			Крутизна	Смытость почв, %		
		Холодные	Теплые	Нейтральные		Слабо-	Средне-	Сильно-
1	103	54	24	22	1.35	74.3	23.2	2.5
2	119	56	20	24	1.08	80.3	18.3	1.4
3	149	54	22	24	0.80	84.6	14.7	0.7
4	115	36	28	36	2.35	63.7	32.9	3.4
5	143	44	26	30	1.62	74.2	24.1	1.7
6	165	43	26	31	1.28	82.6	16.5	0.9
7	132	26	32	42	3.01	52.5	42.5	5.0
8	152	29	31	40	2.48	63.9	32.6	1.5
9→	171	38	28	34	1.68	74.3	23.7	2.0

*Примечание.* Позиция классов в прямоугольной решетке 3x3 следующая:

7-8-9

4-5-6

1-2-3

Характерные изменения показателей рельефа и ЭП наблюдаются в следующих группировках классов, соответствующие строкам и столбцам решетки нейронной сети: 1 - 4 - 7; 1 - 2 - 3; 3 - 6 - 9; 2 - 5 - 8 и т. д. Правомочность этих комбинаций подтверждается близостью ячеек нейронной сети и закономерными изменениями анализируемых параметров. Так, для первой комбинации характерными чертами являются нарастание абсолютных отметок местности, крутизны склонов от средних до максимальных значений, смена экспозиций с "холодных" румбов в 1 классе на "нейтральную" в 4-ом и "теплую" в 7-ом. При этом резко изменяется соотношение категорий эродированных почв. От первого к седьмому классу на 20% уменьшается доля слабосмытых почв и два раза увеличивается доля средне - и сильно смытых почв, что свидетельствует об усилении ЭП. Ведущими факторами ЭП этих классов рельефа выступают экспозиция и крутизна склонов.

С целью определения преобладающего местоположения по элементам рельефа существующих классов эродированных почв проведено их наложение (визуализация) на гипсометрическую карту. Самый общий анализ показывает следующие особенности распределения смытых почв по рельефу:

1 класс: Протяженные отрезки нижних частей прямых склонов, бровок бортовых частей склонов глубоко врезанных речных долин. В асимметричных долинах рек 2-3-го порядка этот класс находится на пологих склонах. Ареалы смытых почв в основном соответствует склонам теплых румбов.

2 класс: Преобладают в средней части склонов прямолинейных и вогнутых склонов преимущественно южных румбов; замещают 1 класс в верхних звеньях гидросети.

3 класс: Верхние части склонов, приводораздельные пространства междуречий верхних звеньев гидросети, слабонаклоненные участки первой поверхности выравнивания. Расположены в основном на склонах "холодной" экспозиции.

4 класс: Нижние части выпуклых крутых склонов самых разных экспозиций в полосе активного развития оврагов на нижней границе пашни. Имеют дискретный характер распространения.

5 класс: Средние и верхние участки выпуклых склонов преимущественно "холодных" экспозиций со средними для всей выборки значениями уклонов.

6 класс: Верхние части склонов прямолинейной формы со средними уклонами самых разных экспозиций; размещаются ниже водоразделов рек 3-го порядка или находятся в междуречьях рек 1-2-го порядка, где занимают пространства поперечных водоразделов.

7 класс: Нижние бортовые участки речных долин 3-4-го порядка, расчлененные оврагами; склоны преимущественно "теплой" экспозиции выпуклой и прямолинейной формы с максимальными для всего водосбора значениями крутизны.

8 класс: Аналогично 7 классу, но на прямолинейных склонах меньшей крутизны временных водотоков 1-2-го порядка (лощинно-балочное звено).

9 класс: Средние и частично верхние участки склонов возвышенностей самых разных экспозиций рек 3-4-го порядка.

Таким образом, в процессе классификации факторов рельефа, оказывающих влияние на процесс ЭП, удалось произвести группировку сочетаний факторов, а также учесть еще один показатель, в явном виде не участвовавший в обработке, - форму поперечного профиля склона. Последующие шаги авторами видятся в статистической оценке силы влияния показателей рельефа на ЭП, выдаче прогнозных оценок развития ЭП на непосещенных территориях и локализации эрозионноопасных земель. Так, отнесение земель к категории эрозионноопасных производится в настоящее время чрезвычайно субъективно. Главным образом учитывается распределение пашни по уклонам, что явно недостаточно.

## **VIII. Геоэкологическое атласное ГИС-картографирование**

На наш взгляд, в качестве основы информационного обеспечения концепции УР территорий субъектов РФ или их отдельных регионов должна выступать единая система комплексного научно-справочного эколого-географического картографирования. В этом случае оценка экологического состояния регионов наиболее эффективно может быть решена сопряжением двух взаимосвязанных систем - картографической и геоинформационной. При этом геоинформационные системы и ГИС-технологии при переходе общества на модель УР могут играть заметную роль. Вместе с тем, по целому ряду причин пока нет однозначного понимания содержательной стороны таких специализированных ГИС, разработанных для условий сбалансированного развития окружающей среды, населения и экономики. Во-первых, механизмы достижения УР не вполне понятны и имеют лишь самые общие, далекие от системности суждения, с трудом поддающиеся строгой логике и формализации.

Во-вторых, декларируемые принципы УР не всегда могут быть соотнесены и учтены со спецификой отдельных регионов.

Исследования, проведенные для определения уровня генерализации при отработке моделей УР показывают, что наиболее перспективным является региональный уровень исследований. На этом уровне инерционность процессов ниже по сравнению с макросистемами при больших возможностях оперативного принятия управленческих решений. Стабилизация же континентальной биосферы, определяющая экологическую безопасность крупных территорий, во многом зависит от состояния зонально-региональных типов экосистем. Вот почему

создание региональной ГИС является наиболее обоснованной и актуальной задачей как в научном, так и в практическом отношении.

Таким образом, основу разработки модели Устойчивого Развития могут составить региональные тематические и комплексные атласы (включая их электронные аналоги), которые решают вопросы информационно-географического обеспечения фундаментальной, прикладной науки, народного хозяйства в условиях переходного периода. Привлекательность такого подхода обусловлена также тем, что информация в атласах изначально дается в систематизированном, формализованном и единообразном виде; он обладает свойствами геоинформационной системы, являясь прообразом компьютерной ГИС.

Преимущества электронной картографии. Электронные атласы несут в себе признаки капитальных картографических произведений. В них аккумулированы проверенные научные знания и в то же время им присущи признаки оперативных карт. Такие атласы образуют систему взаимосвязанных тематических слоев, образующих пространственно-ориентированную базу данных. В условиях широкого использования современных компьютерных технологий картографический метод превращается из вспомогательного в один из главных методов регионального управления и анализа. Он существенно облегчает и объективизирует формирование специальных систем поддержки принятия решений (Воробьев, Тулохонов, Батуев, 1999; Тикунов, Цапук, 1999) в рамках так называемого «экоменеджмента» (Толстихин, Трофимцев, 1999).

По сравнению с традиционными бумажными вариантами региональных атласов их электронные аналоги обладают существенными преимуществами. Можно перечислить целый ряд

фундаментальных аспектов, характерных как для отдельных тематических слоев, так и всего комплекса карт (Тикунов, 1997; Ермолаев, 1988; Губанов, Евтеев, Капрович..., 1999 и др.):

- Более полная реализация информационно-справочной (хранение, визуализация пространственных данных), поисковой, аналитической и оценочно-прогнозной функций;

- Оперативное создание тематических карт и точное сопряжение карт различных масштабов;

- Решение задач пространственной экстраполяции закономерностей; Автоматизированное построение математико-статистических карт для любого заданного исследователем сочетания тематических слоев;

- Возможность задания степени детальности для получения исходной информации с карты об изучаемом объекте за счет использования различных типов ОТЕ (растровые сетки, типы ландшафтов, административно-хозяйственные единицы, бассейны и т.д.);

- Осуществление синтеза ГИС-технологий, природно-ресурсных, социально-экономических, картографических и других баз знаний, оригинальных моделей и экспертных систем для полной интеграции методов представления и использования знаний в форме карт, которые могут стать звеньями геоинформационного обеспечения безопасности и УР территории.

Таким образом, электронный атлас содержит в полной мере функции многоцелевой информационно-справочной системы. В то же время, сущность таких атласов ("атласных информационных систем" - Берлянт, 1998) осталась прежней: это - систематическое собрание географических карт, выполненных по общей программе как целостное произведение, которое включает систему карт, органически увязанных между собой и друг друга дополняющих; систему, обусловленную назначением атласа и

особенностями его использования (Салищев, 1990).

Проектирование атласа и его структура. Создание электронного атласа представляет сложную методологическую, научно-техническую и организационно-практическую задачу (Воробьев и др., 1999). Основные требования к графическим моделям тематического содержания при создании предлагаемого электронного атласа формулировались в соответствии с общепринятыми нормами (Лазебник, 1999; Воробьев и др., 1999; Тикунов, Цапук, 1999 и др.):

- внутреннее единство тематического содержания, выраженное в последовательности, согласованности, сопоставимости карт и элементов содержания для обеспечения целостного, с одной стороны, и структурного, с другой стороны, представления об объекте изучения;

- детальность карт атласа должна обеспечивать максимально возможную дробность и графическую достоверность в отражении исследуемого объекта или явления, не перегружая в то же время картографическое изображение в целом;

- специфичность тематического содержания, реализуемая комплексом средств оформления (сами карты, карты-врезки, диаграммы, текст, фотографии и т.д.); Научная достоверность и современность, возможность обновления;

- легкая читаемость тематического содержания, определяемая компоновкой, способами картографического изображения;

- удобство работы с атласом для пользователя.

- показ синтетических экологических характеристик, районирования, оценок и прогнозов;



- сохранение атрибутивной информации на картах.

В России наиболее известными и практически завершенными разработками в области охраны окружающей среды являются: Экологический атлас России (Кожухарь и др., 1998, Губанов и др., 1999); "Природная среда и ресурсы мира" (Лютый и др., 1997); "Экологический атлас Новосибирской области"; "Ресурсно-экологический атлас Республики Бурятия" (Региональный ... , 1998); "Экологический атлас Иркутской области" (Воробьев и др., 1999); "Environmental and Helth Atlas of Russia" ("PAIMS", 1995); Экологический атлас Мурманской области, "Атлас земель России" (Концепция ... , 1997) и ряд других.

Главной целью при создании предлагаемого атласов геоэкологического содержания является картографирование "экологической" доминанты устойчивого развития региона с перспективой использования материалов атласа для формирования систем поддержки принятия решений по УР на базе математико-картографических и имитационных моделей. Составной частью таких атласов должны служить материалы о процессах и явлениях, которые выступают в качестве надежных индикаторов степени "антропогенизации" ОС.

Концептуальные подходы к созданию такого рода атласов рассмотрены ниже на примере такого опасного геоэкологического процесса, каким является природно-антропогенная модификация бассейновой эрозии, приводящая к ускоренной деградации ценнейшего ресурса - почвы. В качестве модельного региона взята территория Среднего Поволжья.

Другой пример реализован для региона России (в пределах Татарстана), в котором действует крупный нефтегазодобывающий комплекс (рис. 7). В силу специфики эконо-

мического развития нашей страны этот вид воздействия в России является наиболее распространенным и многоплановым.

Интенсивная хозяйственная деятельность в рассматриваемом регионе, особенно ярко проявившаяся в последние 200 лет, сопровождалась существенной перестройкой геосистем, с трансформацией их из коренного (природного) состояния в природно-антропогенные и антропогенные аналоги. Первый такой серьезный пресс со стороны человека природа региона испытала в результате массовой распашки земель, сопровождавшийся сведением лесов (рис.8) и целинной лугово-степной растительности. Это, в свою очередь, привело к коренной перестройке эрозионно-аккумулятивного процесса. Преобладающая ранее русловая эрозия уступила место бассейновой, интенсивность которой увеличилась в десятки, сотни и даже в тысячи раз. Результатом явилась ускоренная деградация почв (смыв гумусовых горизонтов), массовое развитие овражных систем, заиление малых рек и редуцирование верхних звеньев гидросети. На распаханых склонах сформировалась принципиально иная структура бассейновой эрозии, представленная поясами эрозии. Возник принципиально новый геоэкологический инвариант эрозионной геосистемы.

Все эти процессы существенно изменили биогенную и даже затронули наиболее консервативную - литогенную составляющую ландшафтов. В ландшафтной структуре появились совершенно новые типы геосистем. Коренная растительность лесной и лесостепной зоны была почти полностью замещена либо агроценозами, либо производственными видами лесной растительности.

Второй этап воздействия на ландшафты в регионе связывается с развитием промышленности, которая в отличие от

сельскохозяйственного производства размещается и воздействует на окружающую среду в основном локально. Тем не менее, влияние промышленности на ландшафты сказалось в загрязнении различных природных сред (воздушного бассейна, поверхностных и подземных вод), нарушенности компонентов ландшафта (почвенного и лесного покрова). В этой связи речь идет о крупном нефтегазодобывающем (НГД) комплексе - ОАО "Татнефть", который на территории РТ действует более 50 лет. Нефтяные месторождения Республики Татарстан расположены на территории 22 административных районов, а также в трех районах соседних республик и областей. Общая площадь, на которой осуществляется разработка нефти, превышает более 38 тыс. км<sup>2</sup>. Здесь же расположены крупнейшие города республики, составляющие так называемый урбанизированный пояс востока РТ (Наб. Челны, Нижнекамск, Альметьевск, Бугульма, Лениногорск, Елабуга и др.), сотни деревень и сел с населением, превышающим 1 млн. человек. На этой площади предприятиями ОАО "Татнефть" размещено порядка 40 тыс. скважин, более 55 тыс. км. различных трубопроводов, сотни различных установок, тысячи километров автодорог; за это время из недр извлечено более 3 млрд. т нефти. Добывающая деятельность компании не ослабевает и в настоящее время: она выходит на новые площади, используя новые технологии добывает трудноизвлекаемую нефть. В итоге широкий спектр деятельности объединения на столь обширной территории остро ставит задачи в сохранении, поддержании и регенерации экологических функций всех компонентов природы.

При формировании региональной экологической политики, решения и предупреждения экологических проблем необходима

адекватная действительности оценка состояния окружающей среды. Такая оценка должна быть сделана с учетом не только такого мощного природопользователя, каким является ОАО "Татнефть", но и с учетом совокупности многочисленных сельскохозяйственных, промышленных предприятий, автотранспортного комплекса, которые расположены и функционируют на этой же территории, включая трансграничный перенос загрязняющих веществ. Можно отметить, что по целому ряду источников загрязнения и набору поллютантов трансграничное загрязнение на протяжении последних пяти десятилетий нарастало, увеличиваясь как по концентрациям, так и объемам загрязнения. Следовательно, экологическая "экспозиция" состояния окружающей среды в регионе деятельности ОАО "Татнефть", должна четко вычленивать долевое участие каждого из предприятий-загрязнителей всех без исключения отраслей народного хозяйства, размещенных и функционирующих на востоке территории Республики Татарстан. Не только ОАО "Татнефть", но и все предприятия, работающие в этом регионе, должны планировать и финансировать экологические программы и мероприятия, осуществлять платежи за природные ресурсы и загрязнение окружающей среды отходами производства и потребления. Наконец, должен совершенствоваться механизм стимулирования природоохранной деятельности через экологические фонды, экологическое страхование, рынки экологических услуг, налоговых и кредитных льгот тем предприятиям и организациям, которые реально осуществляют работу в области природопользования.



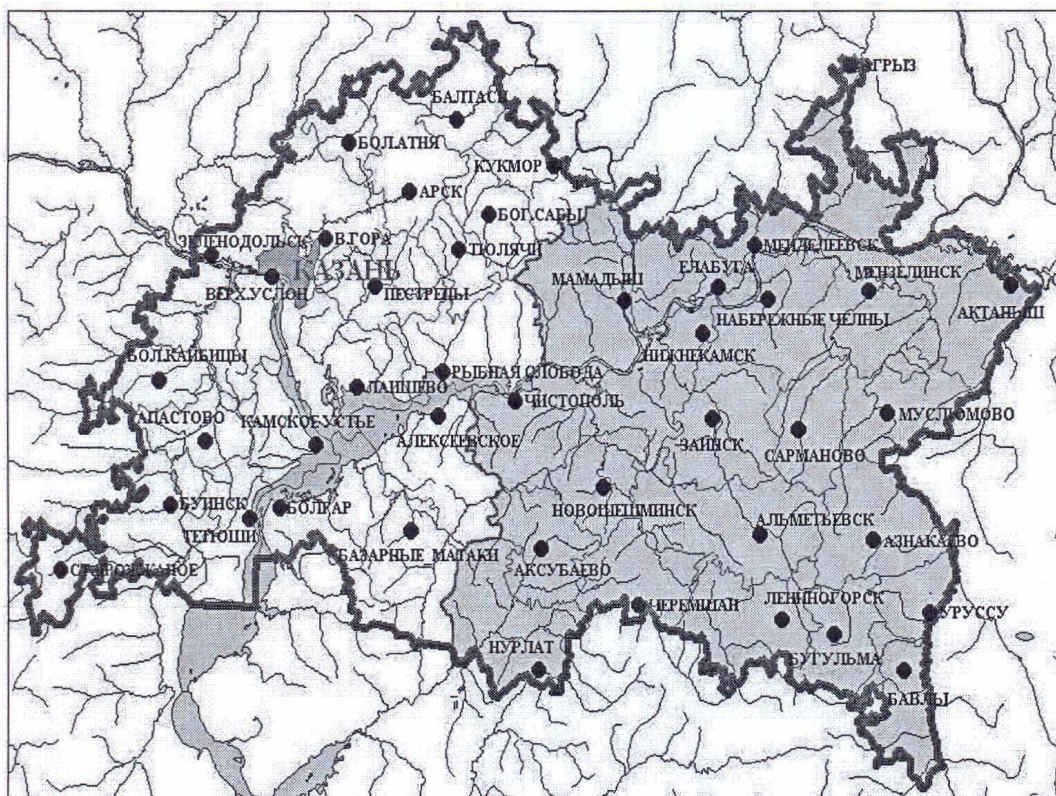


Рис. 7. Территория производственной деятельности ОАО "Татнефть" (регион, предназначенный для атласного картографирования – обозначен серым цветом)

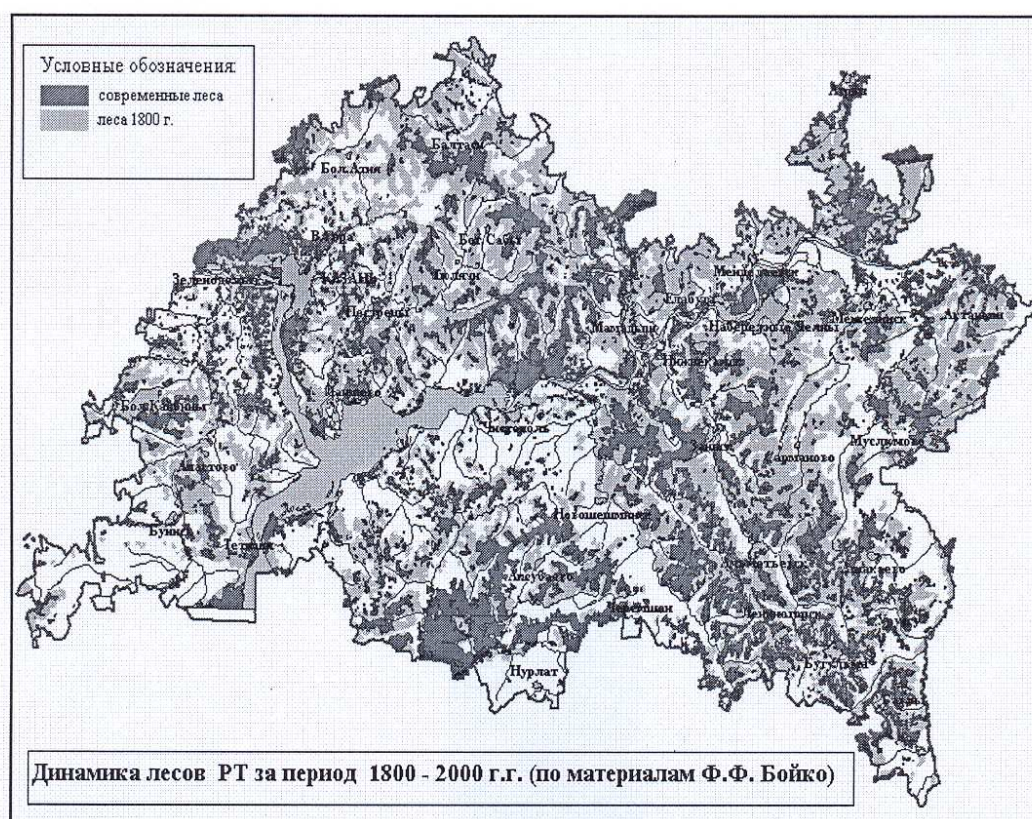


Рис.8 Изменение лесистости в РТ



Предлагаемый к разработке Атлас "Татнефть" и Устойчивое Развитие" может рассматриваться по пространственному охвату как региональный, по содержанию - как фундаментальное комплексное научно-справочное картографическое произведение, характеризующее экологическую обстановку на востоке Татарстана, условия и факторы ее определяющие, тенденции изменения экологического состояния территории и центров, меры по достижению экологического равновесия. Кроме того, материалы атласа должны служить базой при принятии решений, связанных с планами размещения отрасли, т.е. быть основой Стратегических Экологических Оценок, а также явиться основой политики во взаимоотношениях с местными, республиканскими и федеральными органами власти. Таким образом, главной целью при создании предлагаемого нами атласа является картографирование "экологической" доминанты Устойчивого Развития региона с перспективой использования материалов атласа для формирования систем поддержки принятия решений по УР.

Атлас создается на базе специализированной региональной ГИС. В качестве ОТЕ использовались узлы растровой сетки (при покомпонентной и интегральной оценке окружающей среды), более 1000 бассейнов малых рек, 6000 ландшафтных контуров на уровне типов местности и сложных урочищ, границы охотхозяйств, административных районов, сельских муниципальных образований, лесхозов, более 5000 антропогенных источников загрязнения. Сформированная ГИС, таким образом, выходит за пределы узкоотраслевых задач и может быть использована при разработке программ развития Татарстана по целому ряду других направлений.

Картографическое представление объектов и явлений в геопространстве поддерживается электронной базой данных по каждой территориальной единице анализа. Основные методологические принципы Атласа должны соответствовать общепринятой логической цепочке исследований взаимодействия природы и общества: географическая среда→воздействие человека на среду→ответная реакция среды на это воздействие, выраженное через состояние среды→влияние измененной среды на человека.

Необходимо также отметить, что привлечение многообразной информации, использование ГИС и ГИС-технологий ("оверлея", сеточных моделей, нейросетевого анализа, автоматизированного районирования и др.) позволяет существенно модифицировать методику пространственных экологических оценок и получить картину современного состояния ОС региона.

Отметим, что создание такого Атласа - актуальная и довольно нетривиальная научная, а также организационно-техническая задача.

В Атласе должны быть отражены три уровня картографирования:

- региональный - территория деятельности ОАО "Татнефть" (основной; карты разворота);
- локальный - экологически наиболее опасные регионы территории деятельности ОАО "Татнефть" (карты оборота и карты-врезки);
- муниципальный - отдельные промышленные узлы и города (подчиненное значение; серия карт-врезок).

Атлас должен охватывать основные направления экологического картографирования: природные условия формирования экологической обстановки, антропогенные воздействия и изменения природной среды, оценку экологического состояния элементов природной среды, медико-экологическую обстановку,

экономические и социальные последствия ее ухудшения, стратегию экологической безопасности. При этом экологические факторы и условия, тенденции их развития будут представлены в атласе по литосфере, атмосфере, гидросфере, биосфере, педосфере, техносфере и социосфере. При этом, последний раздел (социосфера) обобщит обширную и разностороннюю информацию о роли и месте человека в окружающей среде региона и будет способствовать сведению ее в единую систему. Атлас станет ядром всего комплекса картографического обеспечения проблем экологической безопасности региона деятельности ОАО "Татнефть". В нем непременно будут отражены аспекты регионально-политического уровня. В частности - воздействие на окружающую среду других народнохозяйственных комплексов, в общей структуре экологического состояния территории и природоохранную деятельность объединения.

*Требования к атласу и его структура.* Основными научно-методологическими принципами и методическими подходами при создании атласа являются:

- полнота и системность (системный подход), предусматривающая комплексность, адекватность воспроизведения пространственной структуры, отражение внешних и внутренних взаимосвязей природных и природно-антропогенных образований;
- экологическая направленность картографирования, выявление экологической структуры региона;
- совместимость с основными системами показателей территориального развития и необходимая степень практического использования результатов картографирования;
- разнообразие и мультимасштабность используемого исходного материала;



использование в качестве основы специально подготовленных электронных "слоев" в векторном формате;

- «смысловое зуммирование», дающее пользователю возможность при работе с атласом идти от про смотра к углубленному изучению (принцип расширения от общего к деталям);

- взаимосвязь всех информационных слоев каждой тематической карты (картографическое изображение, атрибутивная и цифровая информация).

Атлас должен удовлетворять ряду требований, обеспечивая:

- максимально полное и детальное для данного масштаба и уровня изученности отображение фактической экологической информации;

- тематическую полноту и достоверность экологической характеристики всей территории и отдельных регионов;

- показ синтетических экологических характеристик, районирование территории, оценочных показателей, тенденций развития, прогноза экологических ситуаций, рекомендаций по обеспечению экологической безопасности (рис.9);

- современность информации и возможность ее обновления;

- максимальную наглядность карт, их доступность для широкого круга пользователей.

К числу основных задач, подлежащих разрешению в атласе, относятся следующие вопросы:

- определение допустимого уровня генерализации исследования, выбор территориальных единиц анализа;

- пространственно-временной аспект анализа исходной информации, ее удовлетворение потребностям проекта в соответствии с выбранным масштабом с целью вычленения доли

предприятий народнохозяйственного комплекса в деградации ОС региона;

- разработка критериев антропогенной нарушенности биотической и биокосной составляющих геосистемы;

- разработка принципов и критериев к отбору информации по абиотической составляющей геосистем региона, их рубрикация на естественно-исторические, естественно-антропогенные и антропогенные;

- систематизация индикаторных видов флоры и фауны современного состояния ОС региона, разработка критериев уровня загрязнения на основе анализа видового состава и сообществ биоты;

- анализ покомпонентной и интегральной оценки роли народно-хозяйственного комплекса на окружающую среду региона с учетом доли воздействия нефтяного комплекса;

- анализ устойчивости геологической среды к антропогенному воздействию;

- анализ состояния здоровья населения региона, базирующийся на оценке качества питьевой воды, загрязнения воздуха и почвы, ретроспективной оценке демографических показателей, неинфекционной заболеваемости взрослой и детской части населения;

- создание полноблочной геоинформационной системы, базирующейся на технологии интегрированной обработки данных, создание компьютерной картографической системы для хранения, отображения и вывода информации;

- создание программного и технического обеспечения, позволяющего хранить информацию, выполнять запросы, осуществлять совместную обработку в регионе диалога или по заранее подготовленной схеме.

К самостоятельной процедуре относится поиск оптимального уровня генерализации. Для

регионального уровня стратегических оценок воздействия на ОС наиболее целесообразно использовать масштаб 1:200000, поскольку большинство исходной информации о компонентах ОС соответствует этому масштабу геоморфологические, почвенные, геоботанические, ландшафтные и др.).

Атлас должен представлять собой систему, включающую аналитические, комплексные и синтетические карты. По назначению они должны быть инвентаризационными, оценочными, прогнозными и рекомендательными.

Структура атласа будет определяться его назначением и типом, особенностями природы исследуемого региона, степенью его изученности, антропогенной трансформацией, информационным обеспечением. В нем предусмотрены карты природной, социально-экономической тематики, а также комплексные экологические карты регионального и локального уровней.

Нами предлагается в атласе выделить несколько направлений тематического картографирования:

- история разработки нефтяных месторождений;
- природоохранные технологии при добыче нефти;
- оценка природных условий и ресурсов жизнедеятельности человека;
- неблагоприятные и опасные природные процессы и явления;
- антропогенные воздействия и изменения окружающей природной среды;
- социально-экономические;
- медико-экологические и геохимические;
- охрана природы, управление природопользованием и рекреация.

**КАРТА НАРУШЕННОСТИ ТЕРРИТОРИИ  
ПРОЦЕССАМИ ПРИРОДНО-АНТРОПОГЕННОЙ  
БАССЕЙНОВОЙ ЭРОЗИИ**

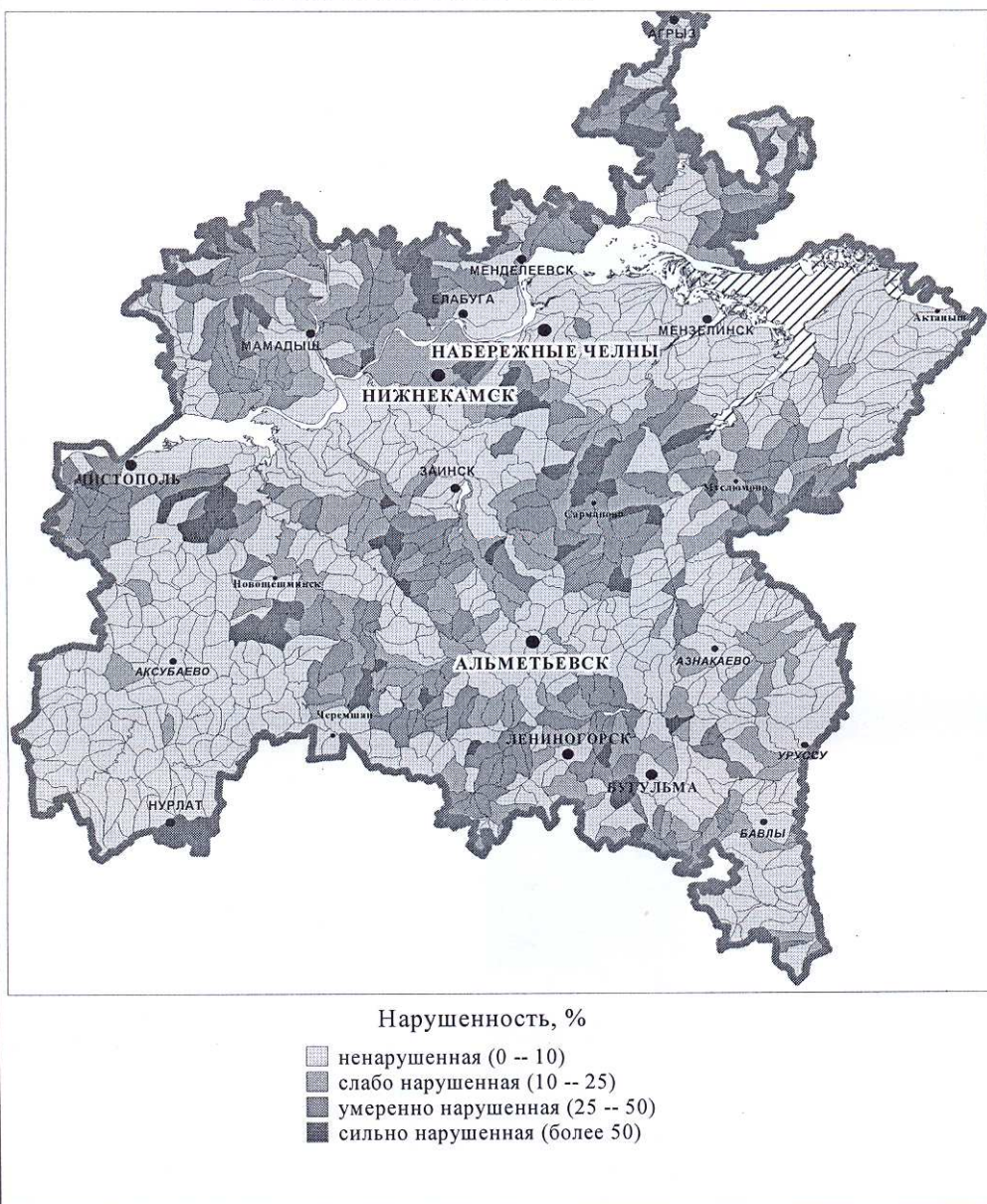


Рис.9. Оценочная карта экзодинамических процессов в атласе



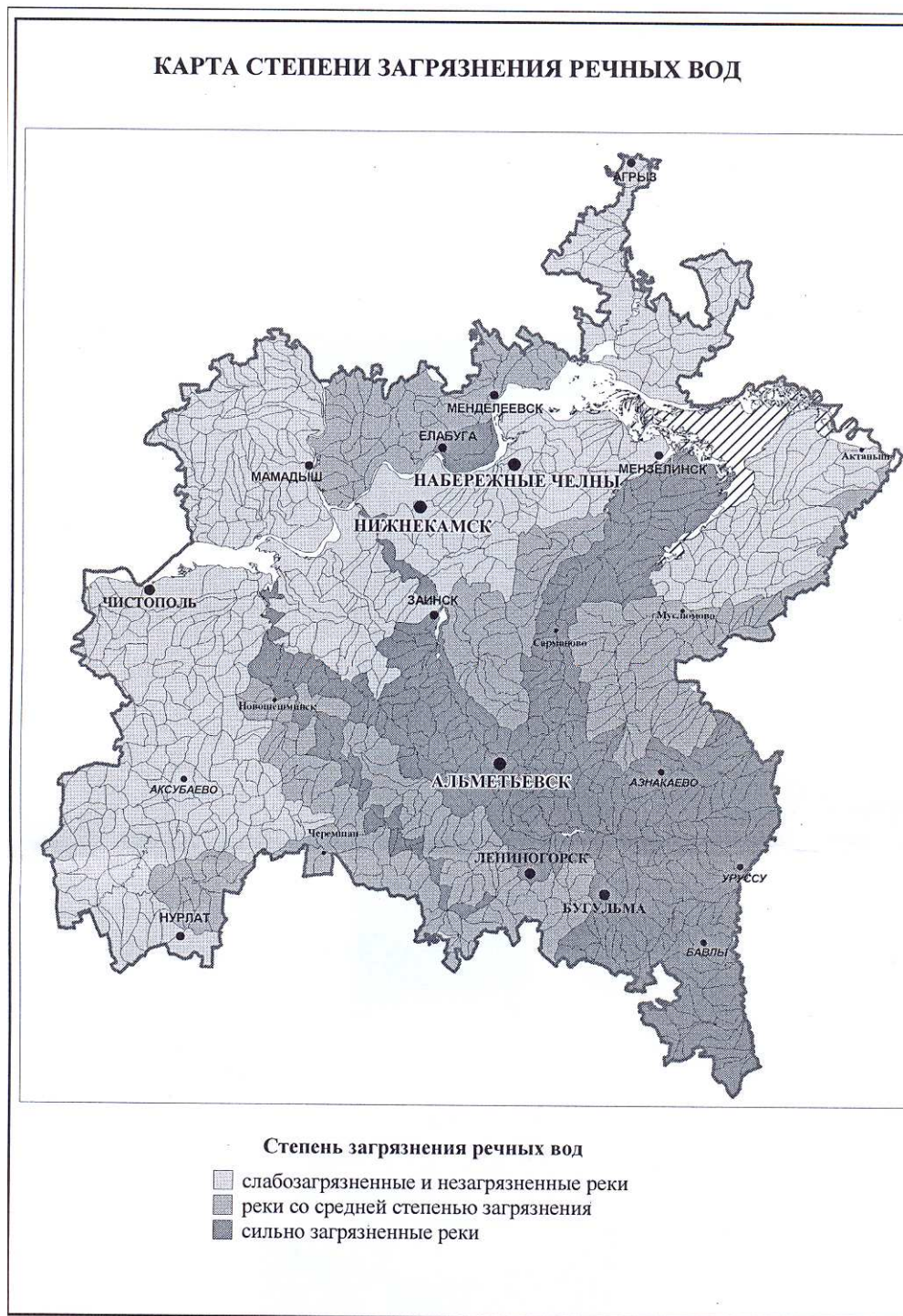


Рис. 10. Пример интегральной оценочной карты «водной» компоненты ландшафта (по В.И.Мозжерину).

В пределах этих групп могут быть выделены многочисленные подгруппы. Скажем, карты неблагоприятных и опасных процессов и явлений подразделяются по типам процессов - эндогенного и экзогенного происхождения. Среди карт антропогенных воздействий на природную среду выделяются карты воздействий на разные

природные среды - атмосферу, гидросферу, литосферу, биосферу и т.п.

Таким образом, все тематические группы могут быть сведены в четыре основных раздела:

- введение (карты общего положения и социально-экономического состояния, место региона на республиканском уровне);

- компоненты природной, социальной и хозяйственной систем, формирующих условия экологической обстановки;

- интегральные карты воздействия и изменения природной среды (рис. 10) стратегия экологического равновесия;

В атласе будет использовано несколько базовых слоев операционных территориальных единиц (ОТЕ). Так, например, в разделе атласа, посвященного природной характеристике и экологического состояния малых рек, основным типом ОТЕ будет являться речной бассейн. В ландшафтном - это типы местности. В разделе региональной оценки антропогенного воздействия на окружающую среду и на интегральных картах - будут привлечены ОТЕ всех типов, включая хозяйства, административные районы, границы нефтегазодобывающих управлений (НГДУ), лесхозов, охотхозяйств, а также растровые сетки.

Внутреннее единство атласа будет обеспечиваться за счет:

- Минимального количества картографических проекций, в частности поперечно-цилиндрической проекции Гаусса - Крюгера.

- Минимального кратного масштабного ряда (1 :750 000; 1: 1 500 000; 1: 2500 000 )

- Карты будут составлены на единой базовой общегеографической основе.

- Легенды разных карт, шкалы и градации взаимно согласованы.

-На картах разного масштаба будет обеспечиваться разный, но единый уровень генерализации.

-Соблюдение общих принципов оформления и стиля дизайна.

На основе КОЭ современного состояния компонентов была произведена интегральная оценка современного состояния ОС территории деятельности нефтегазового комплекса. Для решения данной задачи использовалась методика "взвешенных" баллов и ГИС-технологии пространственного анализа. Был также значительно расширен спектр самих оценочных показателей, включающих различные структурные ярусы "геопространства" (Пузаченко, Санковский, 1992; Коломыц, 1998 и др.). Для проведения интегральной оценки использовались фактические материалы, количественные и экспертные оценки состояния отдельных сред. Интегральная оценка выполнялась при условии разделения групп показателей по принципу "процесс - отклик" (Кузнецов и др., 1998) на "индикаторные" и "процессорные".

В интегральную оценку состояния ОС региона входят разнообразные показатели по отдельным компонентам, которые были выражены различной суммой баллов и представлены в виде геоинформационных слоев. Эти слои характеризуют экологическое состояние таких компонентов, как ландшафты, растительность, атмосферный воздух, водные ресурсы, экзогенные процессы, почвенный покров, животный и растительный мир, здоровье населения, вид и сила хозяйственного воздействия. Эта оценка включала не только приповерхностный слой "геопространства" (нарушенность ландшафтов), но и другие его вертикальные ярусы (атмосферный воздух, геологическая среда).

Все использовавшиеся в оценке показатели были разбиты на две группы. В первую

("процессорную") группу включены показатели, характеризующие антропогенные нагрузки. Комбинируя ими, можно вычленять долю воздействия того или иного народнохозяйственного комплекса на ОС. Ограничением их использования является детальность пространственно распределенной информации. Показатели "процессорной" группы в последующем принимались за  $X_{общ}$ .

"Индикаторную" группу образовали показатели, отражающие последствия антропогенного воздействия на ОС. Все показатели в обеих группах были оценены либо на основе количественных данных в соответствии с существующими методическими рекомендациями ОВОС, либо экспертно.

Используя метод взвешенных баллов, были составлены покомпонентные оценочные карты и интегральная карта оценки современного состояния ОС региона (рис. 11). Полученная покомпонентная и интегральная экологическая оценка данного региона на основе картографо-геоинформационного анализа позволила получить ряд важных выводов, касающихся не только степени нарушенности ОС, но и вклада в эту нарушенность различных народнохозяйственных комплексов. Имеющиеся результаты комплексной количественной оценки региона, сделанные на основе самых последних фактических материалов, свидетельствуют о том, что роль данного нефтегазодобывающего комплекса (ОАО "Татнефть") в разрушении и загрязнении природы требует существенной корректировки. Безусловно, при хозяйственной деятельности нефтегазового комплекса нарушается геологическая среда, что сказывается на состоянии подземных и поверхностных вод, геодинамической напряженности пластов. Вместе с тем, в ходе исследований установлено, что экологическое состояние целого ряда компонентов ОС:



почвенного, растительного покрова, животного мира, атмосферного воздуха, здоровья населения и др. в первую очередь определяется воздействием других источников (в первую очередь агропромышленным комплексом, урбанизированными территориями, транспортным комплексом).

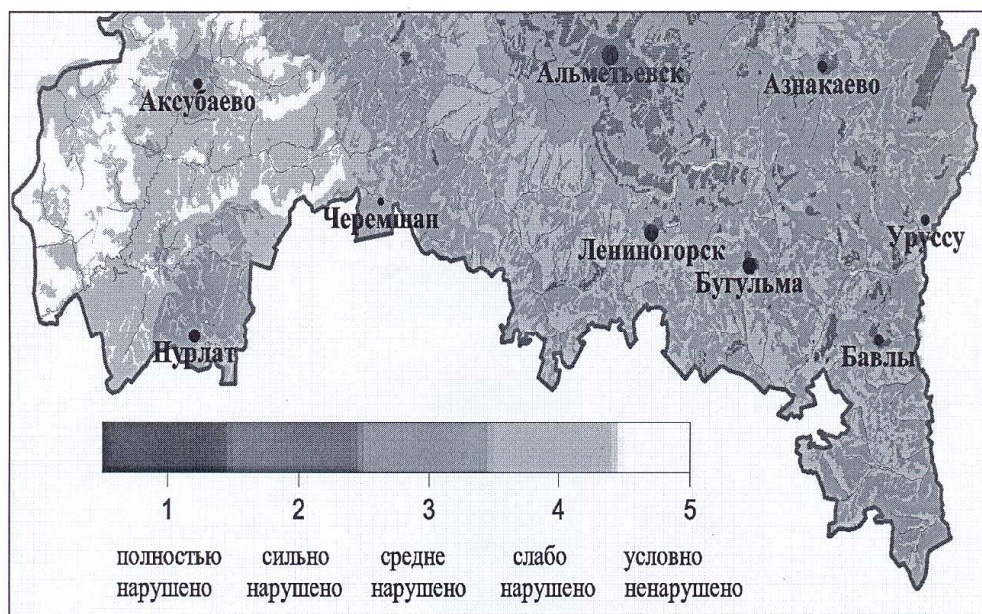


Рис.11. Интегральная карта оценки современного состояния окружающей среды (фрагмент)

В рамках разработки стратегии экологической безопасности региона деятельности ОАО "Татнефть" атлас, на наш взгляд, даст возможность выбрать пути оптимизации природопользования, охраны среды, улучшения условий жизни и состояния здоровья людей, определить стратегию и тактику экологической политики в регионе. Он также будет способствовать единому информационно-методическому обеспечению экологических исследований, станет научной основой для постановки совершенствования и развития сети экологического мониторинга.

Высокая информативность, богатство и разнообразие содержания карт, объективность используемых в них показателей открывают

широкие возможности для применения различных методов картографического анализа, включая как обычный визуальный, так и графические построения, картометрирование, статистическую обработку данных. Методы математико-картографического и компьютерного моделирования позволяют вычислить пространственные корреляции и взаимное соответствие явлений, оценивать однородность экологических условий, выявлять ведущие факторы размещения и развития явлений и процессов с применением средств многомерного статистического анализа. На основе анализа карт атласа могут быть получены дополнительные данные, в том числе обеспечивающие принятие управленческих решений. Созданный атлас, его структуру, методики создания карт различного содержания можно будет использовать в качестве модельного при разработке и информационном обеспечении программ устойчивого развития других регионов России.

Другой пример атласного ГИС-картографирования, как уже отмечалось, относится к пространственной оценке природно-антропогенной эрозии. В качестве базовых ОТЕ рекомендуется использовать бассейновые геосистемы малых рек, геоэкологическое состояние которых вызывает большую тревогу, а сам Атлас можно назвать как "Геоэкология бассейновых геосистем". Территориально модельный регион относится к Среднему Поволжью.

В структуре Атласа можно выделить два основных содержательных блока: "Бассейновая эрозия" и "Ландшафты. Оценка антропогенной нарушенности геосистем региона".

В соответствии с этим первый тематический блок Атласа, соответствующий всей исследуемой территории, включает следующие разделы: 1. Вводный; 2. Условия формирования бассейновой

эрозии; 3. Районирование факторов эрозии; 4. Распространение и районирование процессов бассейновой эрозии; 5. Оценка факторов эрозии.

Второй блок состоит из разделов: 1. Компоненты ландшафтов; 2. Морфологическая структура ландшафтов и их пространственный рисунок; 3. Антропогенное воздействие на геосистемы; 4. Интегральная оценка антропогенной нарушенности региона.

Оба блока связаны между собой информационными потоками, общностью территориальных единиц анализа, масштабным: рядом и направлены на использование материалов атласа для решения задач УР региона Большой Волги. Так наш Атлас состоит из более 120 карт, включает другие элементы оформления: диаграммы, блок-схемы, текстовые описания, фотографии, фрагменты космических снимков.

Принципиальная структура созданной ГИС, ориентированной на анализ пространственных закономерностей бассейновой эрозии и оценок воздействия на окружающую среду схематично представлена на рисунке 12.

# ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ СТРУКТУРА ЭРГИС

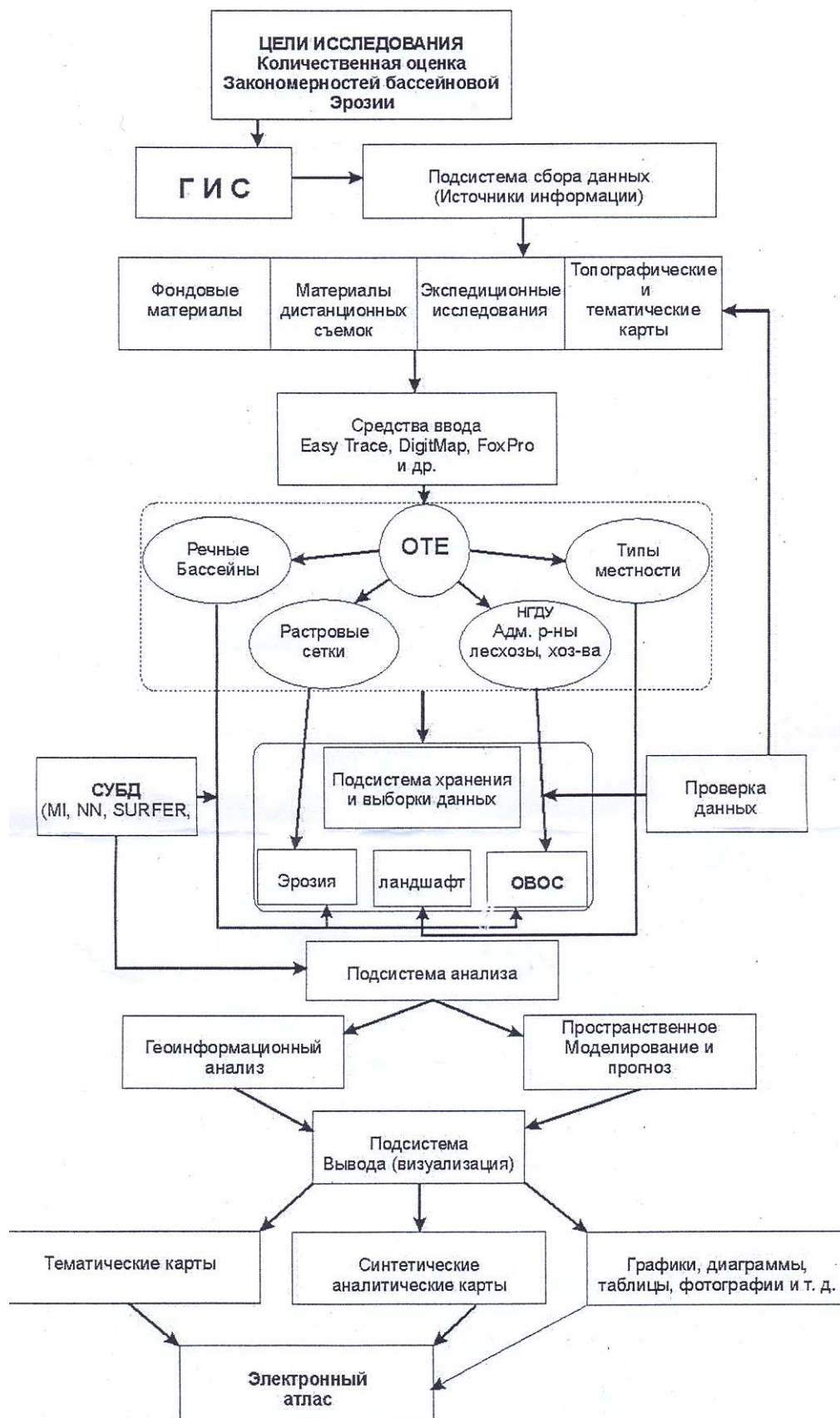


Рис. 12. Функциональная структура эрозионной ГИС

Наиболее важной частью данной специализированной ГИС является геопространственная база данных. Она тематически разбита на три блока. Первый блок - "эрозия" - состоит из показателей, характеризующих собственно бассейновую эрозию. Второй блок "факторы" - раскрывает показатели, обуславливающие функционирование эрозионного процесса. Третий блок - "ландшафты" - включает параметры, определяющие ландшафтное разнообразие территории. Разделение второго и третьего блока весьма условно, так как многие показатели второго блока могут быть отнесены в "ландшафтный" и наоборот.

Блок "эрозия" включает данные по длине овражной балочной и речной сети; площадям слабо, средне, сильно смытых почв; по показателям интенсивности почвенной и бассейновой эрозии.

В блок "факторы" включаются следующие показатели: площадь бассейнов, густота долинного расчленения; гранулометрический состав почвенного покрова; состав подстилающих горных пород; средняя крутизна бассейнов; глубина эрозионного расчленения; средние длины склонов речных долин и балочной сети; эрозионно-геоморфологический коэффициент; коэффициент эрозионной энергии рельефа; распределение рельефа по ступеням абсолютных высот; минимальная, максимальная, средняя и среднеквадратическое отклонение абсолютных высот в бассейне; запасы и содержание гумуса в почвенном покрове; мощность чехла делювиально-солифлюкционных суглинков, модуль среднегодового половодного и годового стока; эрозионный индекс дождевых осадков максимальной 10-ти и 30-ти минутной интенсивности; гидротермический коэффициент, максимальная высота снежного покрова;

подземный речной сток; поверхностный речной сток; годовая сумма осадков; сумма осадков за теплый период года; валовое увлажнение территории; запасы воды в снежном покрове и некоторые другие.

В блок ландшафты включены такие показатели, как годовая суммарная радиация, гидротермический коэффициент; коэффициент стока; коэффициент континентальности климата, радиационный баланс; сумма биологически активных температур, первичная продуктивность ландшафтов, подтипы почвенного покрова; лесистость и залуженность бассейнов, подтипы почв, типы растительных формаций, площади населенных пунктов, густота дорог и др.

*Технология создания карт Атласа.* При подготовке атласа в качестве подходящей ГИС-оболочки использовалась лицензионная программа "MapInfo Professional". Она обеспечивает хорошую поддержку геоинформационной системы, дает возможность построения системы электронных карт, которые по полноте отображения легенд соответствуют их бумажным аналогам, исключая, может быть, многоуровневые легенды ландшафтных карт. Эта программная оболочка позволяет реализовать информационно-поисковые функции, достаточно открыта по отношению к внешним программам, реагирует на изменение структуры базы данных, содержит удобный интерфейс.

Весь процесс создания Атласа состоит из нескольких этапов: определения методологии атласа, формирования информационной картографической основы и электронных баз данных, разработки легенд и построения тематических карт в ГИС-оболочке "MapInfo".

Как уже отмечалось выше, методологической основой атласа является системный подход. Информационное обеспечение атласа включало подготовку общегеографического слоя, границ



ОТЕ и слоев тематического содержания, Формирующихся на основе электронных баз данных. В качестве основы для создания электронных картографических слоев нужно использовать электронные топографические карты генерального штаба масштаба 1: 200 000 и 1: 1000 000 в проекции Гауса-Крюгера (координатная система Пулково 1942 года). Общегеографическая основа представляет набор слоев, включающих гидрографическую сеть с названиями рек, крупные населенные пункты, административные границы субъектов Федерации и районов, береговую линию крупных рек, большие по площади озера, водохранилища и пруды.

В Атласе используется несколько базовых слоев операционных территориальных единиц (ОТЕ). В разделе Атласа, посвященного бассейновой эрозии, основным типом ОТЕ являлся речной бассейн. В ландшафтном - это границы типов местности. В разделе региональной оценки антропогенного воздействия на окружающую среду привлекались ОТЕ всех типов, включая хозяйства, административные районы, границы нефтегазодобывающих управлений (НГДУ), лесхозов, а также регулярные растровые сетки. Так, база данных по различным ОТЕ Среднего Поволжья включает 3331 речной бассейн, более 400 хозяйств, 15 административных районов, 14 НГДУ, 15 лесхозов, более 1000 000 узлов регулярной сетки.

Процесс создания электронной векторной карты включает следующие процедуры.

На световом столе на расчлененные пластики переводится необходимая информация (границы всех типов ОТЕ и разнообразные тематические слои - основы будущих карт атласа специфического содержания) с указанием привязок (тиков) декартовой координатной сетки.

Листы сканируются на сканере HP-ScanJet-ПС в пакете PhotoFinish 3.0. Производилось

устранение формальных ошибок, возникающих при сканировании. Полученные файлы графического формата загружаются в программу EasyTrace (полуавтоматический векторизатор), где создается соответствующий данной картографической основе и ее масштабу проект, который затем трассируется (векторизуется). Результатом работы программы является файл формата DXF, содержащий векторную карту очередного фрагмента.

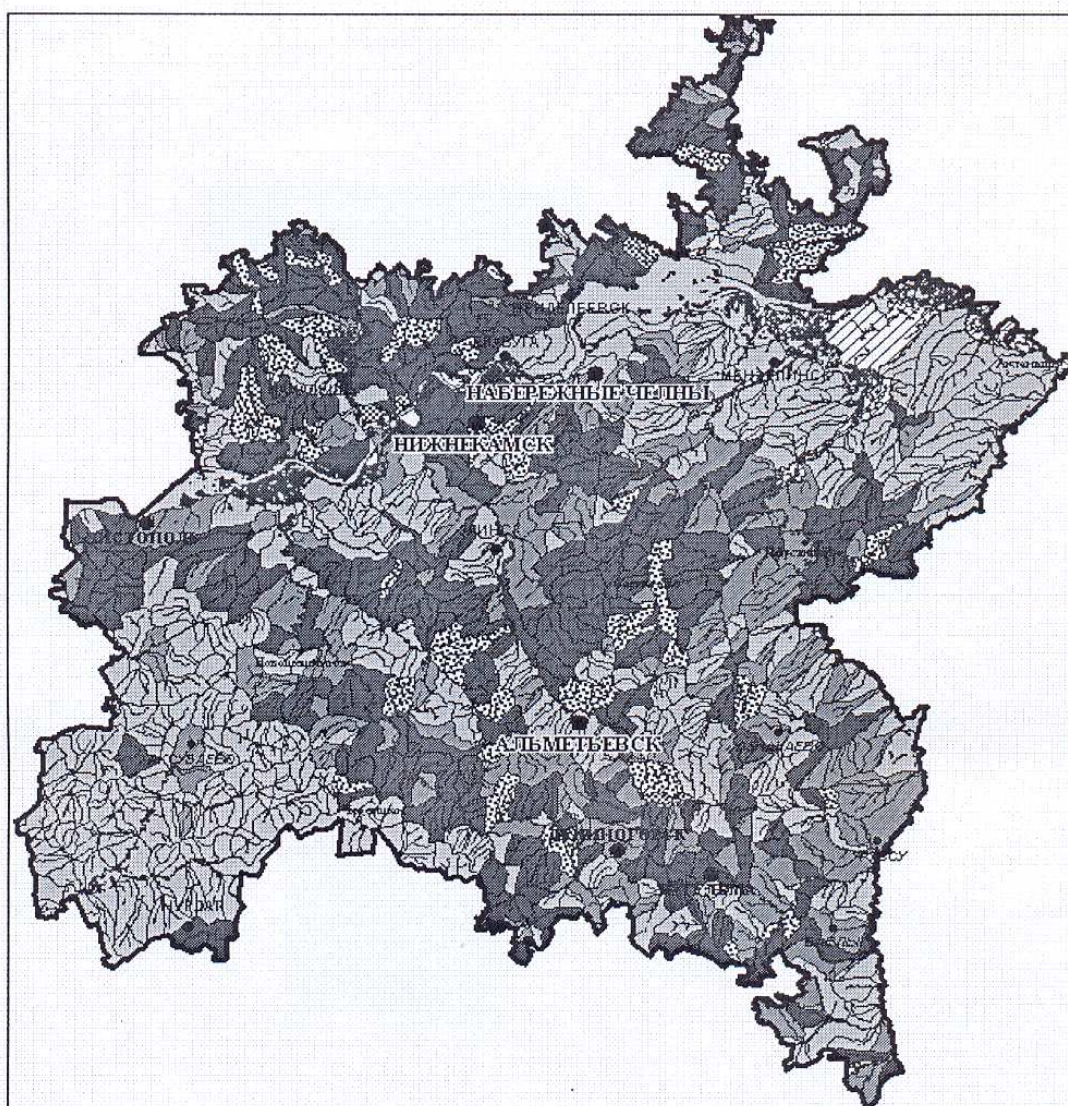
Далее этот файл обрабатывается с помощью редактора векторных карт DIGITMAP и его утилит. В редакторе DIGITMAP создаются площадные объекты (построение топологии), каждому из которых присваивается либо уникальный идентификатор - номер бассейна, тип морфологической единицы ландшафта; либо тематический слой атрибутивной информации (гранулометрический состав почв, категория эродированности, показатели расчленения и т.д.). Интерпретатор языка STP переводит электронную карту границ используемых в анализе ОТЕ из формата SMD в обменный формат системы "MapInfo MIF" и базу данных, содержащих информацию о каждой оперативной территориальной единице, из формата DBF в обменный формат "MapInfo MID", связывая созданную тематическую карту по типу ОТЕ.

Варианты геоэкологической оценки территории. Полученные материалы позволили количественно оценить нарушенность почвенного покрова региона процессами плоскостной и овражной эрозии, представив результаты оценки в наиболее удобной и доступной для пользователя форме - электронных карт районирования этих экологически неблагоприятных процессов (рис. 13, 14).



# КАРТА ИНТЕНСИВНОСТИ ЭРОЗИИ ПОЧВ

Рис.13



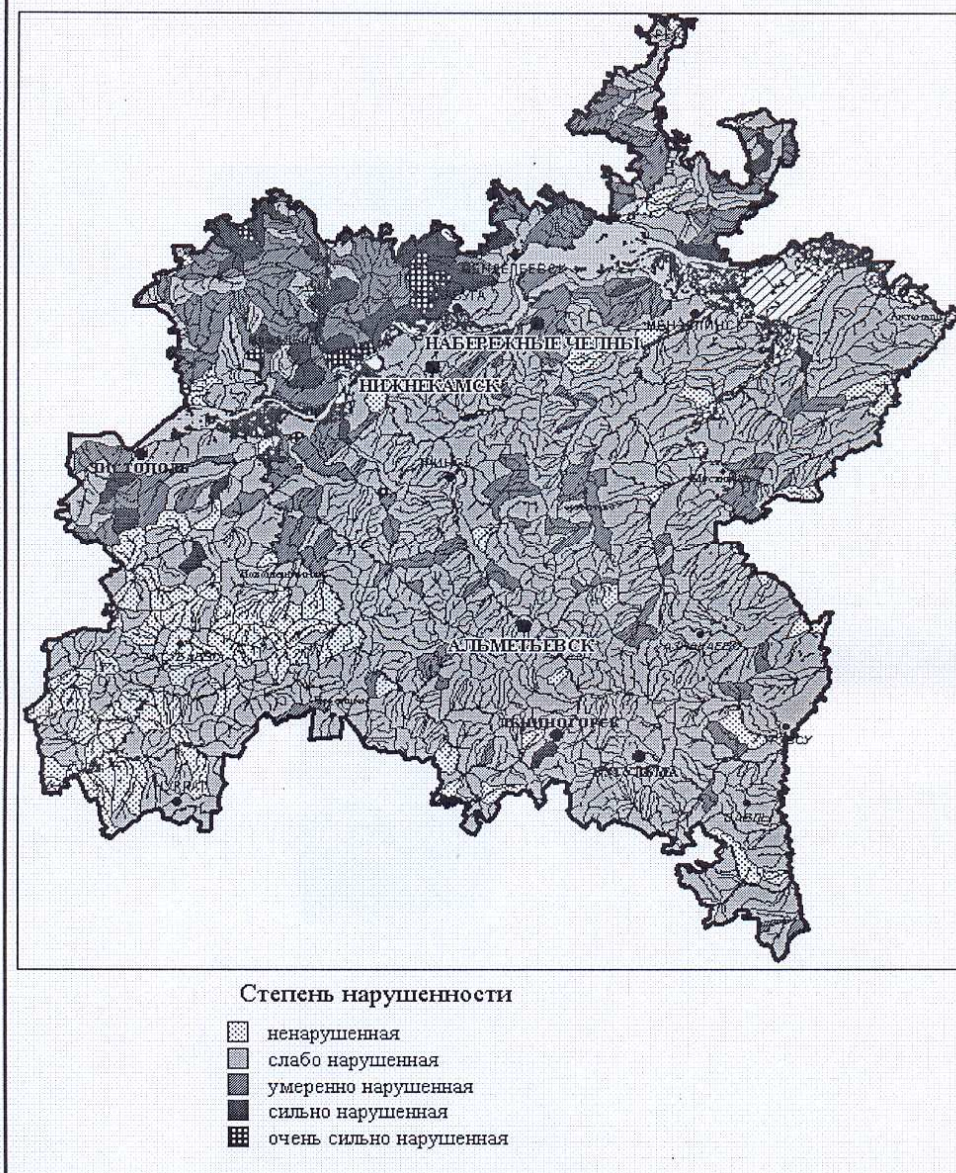
## Интенсивность

- очень слабая
- слабая
- умеренная
- сильная
- очень сильная



**КАРТА НАРУШЕННОСТИ ТЕРРИТОРИИ  
ПРОЦЕССАМИ ОБРАЗНОЙ ЭРОЗИИ**

Рис.14



Следующий этап заключался в интегральной количественной оценке современного состояния почв региона. Для этого, помимо эрозионных, были привлечены дополнительные показатели и все они были проранжированы (см. таблицу):

# Индикаторы современного экологического состояния почвенного покрова

Индикаторы	Балл	Показатели
Почвенная эрозия	1	Сильно смытые
	2	Средне смытые
	3	Слабо смытые
	4	Несмытые
Овражная эрозия	1	>1.0(густота расчленения, км/км <sup>2</sup> )
	2	0.6-1.0
	3	0.2-0.6
	4	0.01-0.2
	5	<0.01
Продолжительность земледельческих нагрузок	1	Земли, занятые под пашней более 200 лет
	2	Земли, занятые под пашней менее 200 лет
	3	Земли под лугом
	4	Земли под лесом
Уровень геохимического загрязнения почв (по А.А.Озолу, 2000)	1	>128 единиц суммарного загрязнения
	2	32-128
	3	16-32
	4	8-16
	5	<8

Итоговая карта современного состояния почвенного покрова региона была построена на основе ОТЕ, в качестве которых выступали узлы регулярной растровой сетки с шагом 2,5 мм. Это позволило получить детальное распределение экологического состояния оцениваемого компонента континуального типа, которое для заданного уровня генерализации можно считать максимально возможным (на картах масштаба 1:200000 минимальный размер показываемого объекта принимается за 2мм).



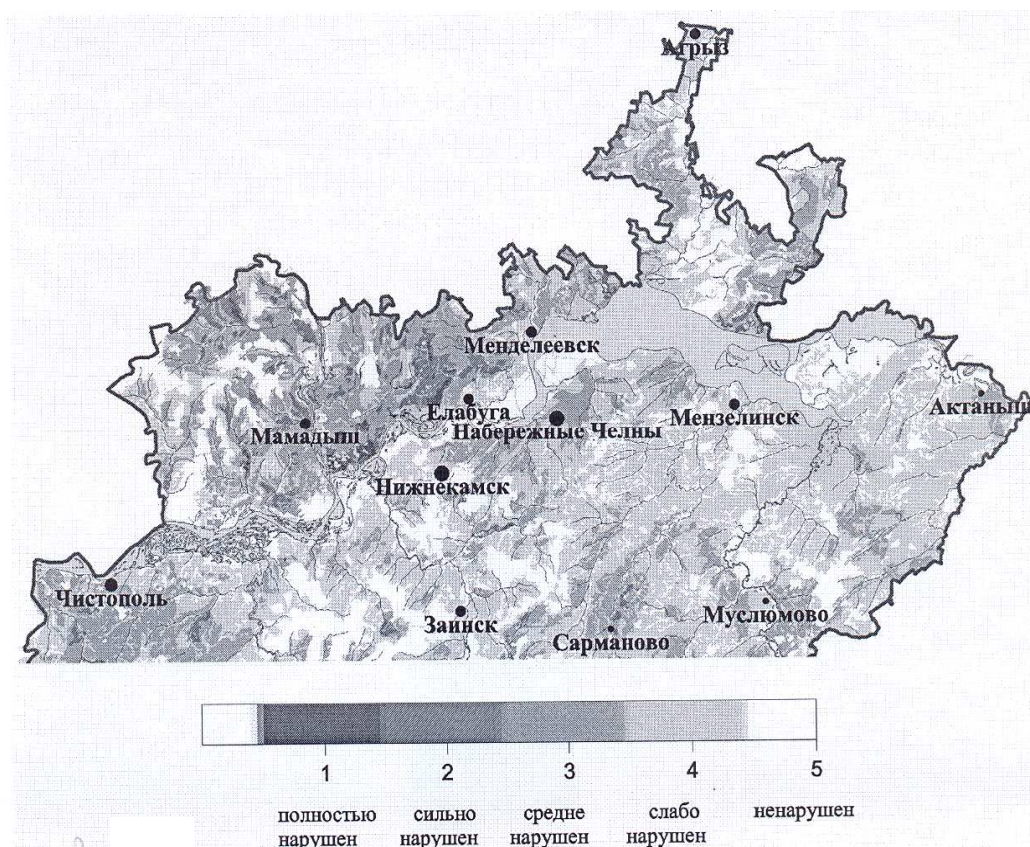


Рис. 15. Карта оценки состояния почвенного покрова (фрагмент)

## **IX. Количественная оценка антропогенной нагрузки на ландшафты**

Следует различать несколько понятий, которые встречаются в работах, посвященных исследованию влияния человека на окружающую среду и оценке последствий этого вмешательства, и, зачастую неверно применяются - антропогенное воздействие, техногенное воздействие, антропогенная нагрузка, нарушенность природных систем, экологическая оценка.

Н.Ф.Реймерс в словаре-справочнике "Природопользование" (1990) определяет антропогенное воздействие как "сумму прямых и опосредованных (косвенных) влияний человечества на окружающую его среду".

При этом следует различать воздействие на природу опосредованное - непреднамеренное изменение природы в результате цепных реакций или вторичных явлений, связанных с хозяйственными мероприятиями" и воздействие на природу прямое - непосредственное, но отнюдь не всегда планируемое и желаемое изменение природы в ходе хозяйственной деятельности. Можно говорить о целом спектре воздействий, выделяя антропическую (непосредственное воздействие людей как таковых), антропогенную (порожденную людьми и их хозяйственной деятельностью), аддитивную (совокупную), кумулятивную (с усилением действующего фактора, его существенным изменением при количественном увеличении) и синергическую формы воздействия на природу.

Понятие антропогенная нагрузка воспринимается по-разному. Одни авторы используют его как синоним антропогенному воздействию. Антропогенная нагрузка - это всегда воздействие, прямо или косвенно производимое на ту или иную геосистему с участием человека. Часто под нагрузкой также понимают либо загрязнение среды, либо ее нарушение, что, на

наш взгляд, не вполне справедливо. Загрязнение чаще всего бывает связано с внесением в окружающее пространство пыли, газа промышленных и бытовых стоков. Под загрязнением следует понимать антропогенно обусловленные, приводящие к негативным последствиям отклонения от естественных форм организации уровней проявления движения материи (Стурман, 1999). Другие находят различие в этих терминах. Нагрузка антропогенная - степень прямого и косвенного воздействия людей и их хозяйства на природу в целом или на ее экологические компоненты и элементы (ландшафты, природные ресурсы, виды живого и т.д.) (Реймерс, 1990).

Для оценки нарушенности (т.е. изменённости от природного, фонового состояния геосистем) необходима формулировка понятия норма, поскольку оценка всегда предполагает соотнесение измеренных или прогнозируемых состояний и изменений с нормативным состоянием геосистем. Норма - наиболее вероятное состояние системы. Нарушение экологическое - отклонение от обычного состояния (нормы) экосистемы любого иерархического уровня организации. Подразумевается, что интенсивность экологического нарушения недостаточна для того, чтобы привести к необратимому нарушению экосистемы, что она способна самовосстановиться до относительно прежнего состояния (Реймерс, 1990).

Такие различные понятия как "воздействие", "нагрузка", с одной и "нарушенность" с другой стороны, как нам кажется, являются отражением двух подходов к оценке экологической обстановки - биоцентрического и антропоцентрического. Понятие "нарушенность" более близко к биоцентрическому подходу, нацеленному на исследование взаимосвязей между

биологическими видами и средой их обитания. Антропоцентрический подход по своему содержанию ближе к традиционному географическому, при котором биота рассматривается как один из равноправных компонентов ландшафта.

Количественная оценка антропогенной нагрузки на ландшафтные комплексы (на примере Республики Татарстан) с созданием соответствующей тематической карты может реализовываться по следующему алгоритму.

В качестве ОТЕ выступают типы местностей на созданной ландшафтной карте масштаба 1:200000. Учитывая большое количество полученных геокомплексов (их, как правило, тысячи), произведенная оценка дает хорошую пространственную дифференциацию антропогенных.

В качестве критериев антропогенной нагрузки выбираются показатели, характеризующие различные функциональные типы использования территории (селитебный, транспортный, сельскохозяйственный, лесохозяйственный), а также отражающие последствия антропогенного воздействия (комплексный индекс загрязнения атмосферы - КИЗА, сведения о состоянии растительного покрова).

Для проведения корректной оценки необходимо учитывать площади оцениваемых ПТК. С этой целью площадные показатели переводятся в проценты от площади ПТК, линейные показатели были представлены в виде густоты ( $\text{км}/\text{км}^2$ ).

Работа по территории РТ проведена с использованием методов ГИС-технологий и электронной картографии. Обработка данных проводилась в ГИС-системе MapInfo, позволяющей работать с электронными картографическими слоями.

Для подсчета количественных характеристик антропогенной нагрузки использовались топографические слои населенных пунктов РТ, транспортной сети, карта лесных формаций, карта восстановленных лесных формаций, луговой растительности, слои линейных объектов нефтедобычи.

Для каждого типа местности с соответствующего тематического слоя, характеризующего антропогенную нагрузку, из геопространственной базы данных при помощи SQL запросов была сформирована база данных.

В качестве метода оценки была выбрана линейная оценка следующего вида:

$$U = a_1 R_1 + a_2 R_2 + \dots + a_i R_i;$$

где  $a_i$  - весовой коэффициент;

$R_i$  - нормированное значение показателя.

Каждой группе использования земель присваивался балл, который возрастает по мере увеличения хозяйственного воздействия, т.е. путем взвешивания влияния основных параметров создавалась своеобразная рейтинговая шкала.

Нормирование, т.е. приведение параметра к безразмерному виду, осуществлялось разными методами. Главное условие, которое должно при этом соблюдаться чтобы параметр при нормировании не принимал отрицательного значения и не был бы больше единицы. Этим условиям удовлетворяет следующий способ:

$$R_H = \frac{(R_i - R_{\min})}{(R_{\max} - R_{\min})} \quad \text{или} \quad R_H = \frac{R_i}{R_{\max}}$$

( $R_{\min}=0$ )

После нормирования параметров дальнейшая задача заключается в выборе весовых коэффициентов. Выбор коэффициентов проводился экспертно, при этом выбранные показатели антропогенного воздействия оценивались по степени влияния на окружающую



среду и вес каждого параметра пропорционален его важности.

Весовые коэффициенты, назначенные показателями антропогенной нагрузки.

Показатель ( $R_i$ )	Коэффициент ( $a_i$ )
<b>Селитебные нагрузки:</b>	
Крупные города	5
Малые города	4
Поселки сельского типа	3
<b>Сельскохозяйственные нагрузки:</b>	
Земледельческие	4
Сенокосно-пастбищные луга	3
<b>Лесохозяйственные нагрузки:</b>	
Леса	1
Территории со сведенными человеком лесами	2
<b>Коммуникативные нагрузки:</b>	
Шоссе	5
Грунтовые	4
Проселочные	2
Железные дороги	5
Нефтепроводы	5
Водопроводы	4
<b>Загрязнение атмосферы:</b>	
КИЗА <2,4	3
КИЗА 2,4-2,7	4
КИЗА >2,7	3
<b>Устойчивость местоположений ландшафтов к неблагоприятному антропогенному воздействию:</b>	
Водоразделы, террасовые комплексы	1
Склоновые комплексы	2
Пойма	3

Кроме показателей антропогенной нагрузки было учтено местоположение ландшафтных выделов, а именно восприимчивость к

оказываемому воздействию. Бралось во внимание то, что увеличение антропогенного воздействия, оказываемое в различных парагенетических частях бассейновых геосистем (водораздел - склон - пойма), может активизировать экологически неблагоприятные денудационно-аккумулятивные процессы, а также повлиять на потоки вещества и энергии в ландшафтах.

В итоге для оценки антропогенной нагрузки полученные суммы баллов были проранжированы следующим образом:

- от 4,9 до 8,2 – низкая антропогенная нагрузка
- от 8,2 до 10,4 – умеренная антропогенная нагрузка
- от 10,4 до 12,8 – средняя антропогенная нагрузка
- от 12,8 до 15,7 – высокая антропогенная нагрузка
- от 15,7 до 32,2 – очень высокая антропогенная нагрузка

В соответствии с этими рангами составлена легенда и получена карта антропогенных нагрузок на ландшафты РТ.

На интегральной карте антропогенных нагрузок на типы местностей четко выделяются три региона с сильными и очень сильными нагрузками: Восточное Закамье, Предкамье и центральная часть Предволжья. Минимальные нагрузки на ландшафты оказываются в Западном Закамье и на юго-западе республики. Ареалы с наибольшей антропогенной нагрузкой закономерно приурочены к наиболее заселенным территориям (гг. Казань, Нижнекамск, Наб. Челны, Альметьевск, Елабуга и др.). Особенно выделяется юго-восток Республики, где на фоне высоких сельскохозяйственных нагрузок длительное время действует крупный нефтегазодобывающий комплекс, проходит множество транспортных артерий самого разного назначения. Также юго-восток республики характеризуется самым возвышенным рельефом.

Для него характерно наличие узких водораздельных пространств и ступенчатых, относительно коротких и крутых склонов. Это также способствует уменьшению устойчивости ландшафтов к антропогенным нагрузкам. В совокупности с вырубкой лесов за агрикультурный период это дает максимальный балл антропогенных нагрузок в этом регионе РТ. Низкие значения антропогенной нагрузки характерны для Западного Закамья. Здесь низкая плотность дорожной сети, отсутствуют крупные города, слабое воздействие нефтегазового комплекса, благоприятное соотношение типов местности, есть участки с высокой лесистостью. Общая нагрузка в основном создается за счет агропромышленного комплекса.

Следует отметить совпадение участков с максимальными показателями экологического потенциала с участками, имеющими максимальную антропогенную нагрузку.

## **Заключение**

Изложенная выше концепция сбалансированного и устойчивого развития реализуется с помощью ряда взаимосвязанных подходов.

Один из них - связующий - связан с построением системы карт эколого-географического состояния территории. Поскольку в основу составления карт предложено положить показатель социо-эколого-экономического синдрома, она дает возможность не только реально оценить состояние ОС, но и производить экологическое регулирование.

Последний механизм позволяет осуществить следующий подход - прогнозирование состояния ос и вывод его на устойчивое развитие, что может быть положено в основу принятия управленческих решений для соответствующих органов.

Управленческий аспект сам по себе достаточно сложный, даже в пределах одного уровня иерархии – глобальном, национальном (федеральном) и региональном. Гораздо сложнее - управление на межуровневом развитии, т.к. логика этого характера развития еще не совсем ясна и определена. Очевидно, что здесь должны существовать межгосударственные организации.

Принципиально важно иметь в виду, что, если решение принимается в условиях, когда ни цели, ни ограничения неизвестны точно, понятие некоторого фиксированного, однозначно определенного решения теряет смысл. В таких ситуациях можно говорить о классе подходящих решений, но не более того. Именно с этих позиций и рассматриваются в данном случае вопросы и проблемы регионального геоэкологического анализа.

Рассматривая особенности применения методов пространственного анализа в решении геоэкологических проблем, авторы опирались не только на существующие теоретические

разработки, но и на опыт их практического применения, что позволило выйти за пределы классических методов геоэкологии.

## **Библиография**

Абичев С.К. Концепции современного естествознания. Ч.1. – Балашиха, 1998. – 149 с.

Абрамов А.С. Страноведение и информационные территориальные системы//Вопросы географии. 1976.- С: 85-92.

Алаев Э.Б. Глобальные проблемы современности: методология их географического изучения// Изв. АН. Сер. Геогр.- 1989. № 2 - С 23-32.

Альбегов Л.Л. Охрана окружающей среды в системе региональных моделей// Сист. моделей регион. экономики. -М., 1986.- С. 46-60.

Альгин А.Л. Грани экономического риска. М.: Знание, 1991. 63с.

Альгин А.Л. Риск и его роль в общественной жизни. М.: Мысль, 1989. -190с.

Ананьев Г.С. Методология изучения катастрофических процессов рельефообразования и вопросы эколого-геоморфологического риска // Вестн. МГУ. Сер.5. геогрп. – 1994. №2. – С.23-27.

Андерсон В.Н. Геоинформационное моделирование: к новой методологической парадигме//Изв. РАН. Сер. Геогр.-1996. № 2 - С. 124-130.

Андреев В.Л. Анализ эколого-географических данных с использованием теории нечетких множеств.- Л.: Наука, 1987.-154с.

Андреев В.Л. Классификационные построения в экологии и систематике. - М.:Наука,1980. -142с.

Андреев Ю.Б., Божинский А.Н. Оценка лавинного риска в горах//Вестн. МГУ. Сер.5. Геогр. - 1994. № 2.- С.29-35.

Андреев Ю.Б., Божинский А.Н. Ушакова Л.А. Лавинный риск: классификация и управления // Вестн. МГУ. Сер.5. Геогр.- 1992 . № 2. - С.29-35.

Анненков В.В. Историческая география глобальных изменений среды: содержание и перспектива // Изв.АН.Сер.географ. 1992. №3. - С.40-49.

Арманд А.Д. Роль концепции самоорганизации для решения проблем географического прогноза// Науч. Тр. «Новые концепции в географии и прогнозирование» РАН. Науч. Совет по пробл. биосферы. - М.: Наука, 1993. - С. 35-39.

Арманд А.Д. Устойчивость (гомеостатичность) географических систем к различным типам внешних воздействий // Устойчивость геосистем. - М.,1983.

Арманд АД. Механизмы устойчивости геосистемы. // Факторы и механизмы устойчивости геосистем. - М.: ИГАН, 1989.-С.81-89

Арманд АД. Самоорганизация и саморегулирование географических систем. - М.:Наука,1988.-260с.

Арманд Д.Л. Наука о ландшафте (Основы теории и логико-математические методы).- М.: Мысль, 1975.-287 с.

Архипов Ю.Р., Гнеденков Л.Я. Население в комплексной эколого-экономической системе: подход моделирования /(Геосиатационный подход в географии. - Казань: Изд-во КГУ,1993.С.17-25.

Астафьев В.И. Гомеостатистика: некоторые итоги и перспективы // Гомеостатистика живых, технических, социальных и зоологических систем. - Новосибирск, 1990. - С. 68-74.

Бакланов И.Т. Риск-менеджмент. – М.: Финансы и статистика, 1966. - 192 с.

Бакланов ПЯ. Территориальные природно-ресурсные системы// География и практика. Материалы VI научного совещания географов Сибири и Дальнего Востока. - Иркутск, 1978.- С. 24-29.

Баранова Л.А, Левин А.И. Потребности; доходы, потребление//Экономический словарь-справочник. М.:Экономика,1988. - 351с.

Батоян В.В., Зайцев Н.Н. Количественная оценка устойчивости аквасистем к кислотному и щелочному загрязнению // Вестн: МГУ, Сер.5. Географ. -1989, №5.

Бахчиев АЗ., Лебедев ПЛ. Количественное и картографическое представление соседского положения // Новое в тематике, содержании и методах составления экономических карт (1970-1973). – М.: МФ ВГО, 1974.- С.223-229.

Бек У. От индустриального общества к обществу риска // Thesis.1994. Вып.5. - С. 161-169.

Берлянт А.М. «Нам не дано предугадать...» или о картах будущего // Изв. АН. Сер. Географ.- 1998. №1.

Берлянт А.М. Карта- второй язык географии. М,1985.

Берлянт А.М. Картографический метод исследований. М.: 1978.

Берлянт А.М. Картографическое моделирование и системный анализ // Пути развития картографии. - М.: Изд-во МГУ.-1975.С.98-106.

Берлянт А.М., Жолковский Е.А. К концепции развития ГИС в России // ГИС-обозрение, 1996.

Берлянт А.М., Кошкарёв А.В., Тикунов В.С. Картография и геоинформатика // Итоги науки и техники. ВИНТИ. Картография. Т.14.-1991. - С.40-43.

Берлянт А.М., Мамаев В.О. и др. Создание ГИС "Черное море" - результат международного научного сотрудничества // ГИС - обозрение. - 1997. №1.

Берлянт А.М., Мусин О.Р., Свентэк Ю.В. Геоинформационные технологии и их использование в эколого-географических исследованиях География. - М.: Изд - во МГУ. - 1993.- С. 229-263 .

Берц Г.А. Глобальное потепление и страховые операции // Природа и ресурсы, 1991.Т.27.№3-4 -С. 73-82.

Блануца В.И. О моделировании территориальной дифференциации взаимодействия природы и общества // Моделир. прир. и соц.-экон. территор. систем - Казань: Изд-во КГУ, 1982.- С. 15-18.



Божилина Е.А., Сваткова Т.С., Чистов С.В. Эколого-географическое картографирование. Уч: пос. - М.: Изд-во МГУ, 1999.

Бондарев А.С., Мажолис Е.Т. Гомеостатическое взаимодействие человека, общества, природы и мышления // Гомеостатика живых, технических, социальных и экологических систем. Новосибирск, 1990, - С. 84-99.

Борунов А.К, Пузаченко Ю.Т., Сорокина А.Д., Анимова Е.Д., Кулешова М.В. Картографическая основа геоинформационной системы предупреждения чрезвычайных ситуаций // Изв. АН. Сер. Геогр. - 1993. №5 - С. 90-97.

Браверман Э.М. Методы экстремальной группировки параметров и задача выделения существенных факторов// Автоматика и телемеханика.-1970. №1.-С. 123-132.

Быков А.А. Система принципов и формализм задачи управления безопасностью и обеспечения защиты населения от техногенных факторов// Эколого-геогр. аспекты размещения АЭС. НТО "Тайфун". Обнинск. - 1992.- С.8-22.

Васмут А.С. Моделирование в картографии с применением ЭВМ. - М.: Недра, 1983.-230с.

Великевич П.А. Автоматизированная информационная система. Водохозяйственные расчеты и балансы // Соверш. комплекс. использ. вод. ресурсов. Доклад Всесоюзн. науч. - техн. совещ. Минск, 22-24.04.1986.-М.: 1987.-С.95-104.

Верещака Т.В. Экологические карты в системе карт для оптимизации окружающей среды // Геодезия и картография.1991.№1.

Вернадский В.И. Химическое строение биосферы и ее окружение. - М. 1965.

Взаимосвязь устойчивости и изменчивости в условиях НТР. Ташкент: Изд-во Фан, 1987.-18с.

Водопьянов П.А. Устойчивость в развитии живой природы. Минск, 1974.

Водопьянов П.А. Экологические последствия научно-технического прогресса. - Минск: Наука и техника, 1980.-72с.

Воробьев В.В., Белов А.В., Богоявленский Б.А. и др. Комплексное эколого-географическое картографирование: сущность, принципы и основные проблемы развития // Эколого-географическое картографирование Сибири. Новосибирск: "Наука" СО, 1990.

Воробьев В.В., Белов А.В., Богоявленский Б.А. и др. Проблемы и перспективы комплексного экологического географического картографирования Сибири // География и природные ресурсы. 1987г., №3.

Воробьев В.Я., Наумов А.Д., Аристотелева Г.Ф. Статистический метод выделения геоморфологических аномалий // Математические методы в географии.- Казань: Изд - во КГУ.-1971.С. 136-137.

Геоморфологический риск. Тезисы докл. – Иркутск, 1993.- 140с.

Геоситуационный подход в географии / под. ред. А.М.Трофимова. - Казань: Изд-во КГУ.- 1993.-47с.

Геоэкология: региональные аспекты / Мат. к IX съезду. ГОСССР.-Л.,1990.-165с.

Гигиена окружающей среды. - М.: Медицина,1985.-303с.

Гидаспов Б.В., Кузьмин И.И., Ласкин Б.М., Азиев Р.Г. Научно-технический прогресс, безопасность и устойчивое развитие цивилизации// Журн. Всесоюз. хим. общ-ва им. Д.И.Менделеева. 1990. Т.35.- С. 409-415.

Гидденс Э. Судьба, риск и безопасность // Thesis. 1994. Вып.5. 107-135.

Гирусов Э.В. Система "Общество-природа" (Проблема социальной экологии) - М.: МГУ,1976.

Глазовский Н.Ф., Коронкевич Н.И., Кочуров Б.И., Крецке АН., Сдасюк Г.В. Критические экологические районы: географические подходы и

принципы изучения // Изв. ВГО.-1991.-Т.123, вып.- С.9-17.

Говорушко С.М. Эколого-экономическая экспертиза: состояние, проблемы и пути ее решения // Пробл. инж. географии. Тез. докл. Вс. конф.-М.1987.- С.60-61.

Голосков С.В. Концепция региональной геоинформационной системы для обеспечения процессов принятия решений (ГИС "Управление")/ Материалы IV ежегодной конференции «Муниципальные геоинформационные системы». Обнинск. 27- 31.01.1997.

Гольц Г.А. Географический подход и проблема интенсификации социально-экономического развития. //Изв. ВГО.-1988. Т.120, вып.1.- С.32-43.

Гомеостатика живых и технических систем // Тез. Всес.семинара «Гомеостатика живых, природных и технических систем». – Иркутск, 1987. – 163с.

Гомеостатика живых, технических, социальных и экологических систем. – Новосибирск: Наука, 1990. – 350с.

Город – экосистема / Э.А.Лихачева, Д.А.Тимофеев, М.П.Жидков и др. – М: ИГРАН; Медиа-Пресс, 1997. – 336с.

Гохман В.М., Гуревич Б.Л., Саушкин Ю.Г. Проблемы метагеографии // Вопр.геогр, 1968. Сб. 77. – С. 3-15.

Гродзинский М.Д. Оценка устойчивости геосистем методами надежности // Факторы и механизмы устойчивости геосистем. – М.: ИГРАН, 1989. – С. 157-163.

Гродзинский М.Д. Применение оценок устойчивости геосистем к нормированию антропогенных воздействий // Ландшафты. Нагрузка. Норма / Мат.школы в Паланге и раб.совещ. по зад. 111.2,4 в Иркутске. – М., 1990. – С. 43-54.

Гущин Б.А. Развитие // Новая философская энциклопедия. – М., 2001. – С.397-398.

Губанов М.И., Востокова А.В., Евтеев О.В., Карпович Л.Л. и др. Формирование базы данных комплексного экологического картографирования на основе ГИС-технологий // ГИС для оптимизации природопользования в условиях устойчивого развития территорий. Межд.конф. «Интер-карто-4». – Барнаул: изд-во Алтайского ун-та, 1998. – С. 69-79.

Губанов М.И., Евтеев О.А., Карпович Л.Л., Киселева Н.М. и др. Компьютерный экологический атлас России // ГИС для устойчивого развития территорий. Межд.конф. – Якутск: изд-во Якутского ун-та, 1999. 4.1. – С. 3-9.

Дедков А.И., Мозжерин В.И. Эрозия и сток наносов на Земле. – Казань: изд-во ун-та, 1984. – 265с.

Горский Ю.М. Системно - информационный анализ процессов управления.- Новосибирск: Наука, 1988.-326 с.

Горский Ю.М., Кулиш Н.И. Проект терминологии по гомеостатике // Гомеостатика живых, технических, социальных и экологических систем. - Новосибирск, 1990.- С.: 332-347.

Граф Д. Характеристика геоэкологической стабильности ландшафтов для разработки нории нагрузок (на примере водной эрозии почв // Научн. подходы к определению норм.нагрузок на ландшафт. – М.: 1998. – С.180-184.

Грин А.М., Ключев Н.Н., Мухина Х.И. Геоэкологический анализ // Изв. РАН. Сер. географич., 1995. №1. – С.21-30.

Дажо Р. Основы экологии. - М.: Прогресс, 1975.

Данева М. Стихийные природни процеси и ландшафтно - географические аспекти на тяхното изследоване// Пробл. геогр. (болг.).- 1991. №2. - С. 27-38.

Дашкевич З.В. К проблеме устойчивости геосистем /Изв. ВГО, 1984.-Т.116. - Вып.3.- С. 211-218.

Дементьев В.Н., Добрецов И.Н., Забадаев И.С., Зольников И.Д. Информационные технологии и вычислительные системы.- 1997 №2.-С. 43-54.

Дьяконов К.Н., Иванов А.Н. Устойчивость и инерционность геосистемы // Вести, МГК, сер. 5. – 1991. – 1991. - №1. – С.28-34.

Евстафьев И.Б, Яценко А.И., Фокин В.Н., Браун Д.Л. Методология выбора возможных мест размещения опасных объектов на территории страны (на примере объектов уничтожения опасного оружия) // Ж.всес.хим.об-ва им. Д.И.Менделеева, 1990. Т. 35. №4. – С.486-492.

Ермолаев О.П. Пояса эрозии в природно-антропогенных ландшафтов речных бассейнов. – Казань: Изд-во Казанского университета, 1992. – 150с.

Ермолаев О.П., Савельев А.А. Новые возможности анализа факторов эрозии почв с использованием ГИС-технологий // Геоморфология, 2004. 34. – С.46-56.

Ермолаев О.П., Савельев А.А., Усманов Б.М. Эколого-геоинформационное обеспечение деятельности крупного нефтегазодобывающего комплекса для целей устойчивого развития (на примере ОАО «Татнефть») // Интеркарто-13: ГИС для устойчивого развития территорий. Матер.международ.конф., Ханты-Мансийск, 2007. – 6с.

Ермошкина М. Знакомьтесь – virtual GIS // САРП и графика – 1997. - №11. – С.15-17.

Жеребцова Н.А. Современное состояние экологического картографирования // Геодезия и картография. – 1994. №10.

Жеребцова Н.А. Принципы и методы разработки карт оценки состояния среды. Автореф. дис. на соиск. уч. ст. канд. М.,1997.

Жигунова И.А, Жадан О.И., Санжаревский В.А. Хозяйственная деятельность и состояние окружающей среды. - Киев, 1989.168с.

Жиделева В.В. Устойчивое развитие региона: Новые тенденции в политике, экономике, социальной сфере. - Сыктывкар, 1995. - 99с.

Жуков В.Т. Новаковский Б.А, Чумаченко А.Н. Компьютерное геоэкологическое картографирование.- М.: Научный мир,1999.

Жуков В.Т., Серебрянюк С.Н., Тикунов В.С. Математико-картографическое моделирование в географии - М.: Мысль, 1980224с.

Жуков В.Т., Лазарев Г.Е., Новаковский Б.А Об опыте комплексного геоэкологического картографирования административного района// Геодезия и картография.-1996. № 1.-С. 42-44.

Жуков В.Т., Серебрянюк С.Н., Тикунов В.С. Теоретические подходы к математико-картографическому моделированию в географии// Теоретические проблемы географии.- Рига,1976.-С. 90-96.

Заде Л.А. Понятие лингвистической переменной и ее использование к принятию приближенных решений. - М: Мир, 1976.-166с.

Задорожнюк И.Е., Зозолук АВ. Феномен риска и его современные экономико-психологические интерпретации // Психологический журнал.- 1994.- Т15. №2. С. 26-37.

Закон РФ "О недрах" / Российская газета 13марта 1995г.- С.13.

Звонкова Т.В. Экологическая экспертиза региональных государственных проектов // Города и экология. - М., 1987. - С. 86-92.

Ильин Л.А, Куценко С.А., Саватеев Н.В., Софронов Г.А., Тикунов Л.А. Токсикологические проблемы в стратегии уменьшения опасности химических производств// Журн. Всесоюз. хим. об-ва им. Д.И.Менделеева. - 1990.-Т.35.- С. 440-447.

Исаченко А.Г. Экологические проблемы и эколого-географическое картографирование СССР// Изв. ВГО.-1990.Т.122.- Вып 4.

Исаченко А.Г. Обзорные эколого-географические карты (опыт разработки)//Изв. рго.-1993.-т.125.-вып.4..

Исаченко А.Г., Исаченко Г.А. Антропогенные нагрузки и устойчивость ландшафта // Эколого-геогр. анализ состояния природной среды: пробл. устойчивости геосистем. - СПб 1995. С.27-41.

Исаченко Г.А. Отечественное картографирование: Первые итоги// Изв. РГО.-1992.-Т.124.- Вып.5.

Итоги науки и техники// Картография, Т.14.-М.:1991г.

Каганский В.Л. Методические проблемы районирования и его отношения к концепциям геопространства // Исследование методологических проблем географии в Эстонской ССР. - Таллин: Изд-во ун-та.- 1987.-С. 85 -94.

Каганский В.Л. Мир географических открытий и мир современной географии // Исслед. программы в современной науке. Новосибирск,1987.-С.186-202.

Каганский В.Л. Новиков АВ. Новый метод выделения существенных признаков для разработки региональных классификаций //Изв. АН СССР. Сер. Геогр.- №1.-С. 112-119.

Казначеев В.П. Современные системы адаптации. М.: Наука, 1980.

Казначеев В.П. Экология человека и проблемы социально-трудового потенциала населения.// Пробл. экологии человека. М.: Наука,1986.- С.5-15.

Кузьмин М.М. Безопасность и техногенный риск: системно динамический подход // Журн. Всесоюз. хим. об-ва им. Д.И.Менделеева. – 1990. – Т.35. – С.415-421.

Калесник А.А., Котляков В.М., Селиверстов Ю.П., Солодухо Н.М., Торсуев Н.П., Трофимов А.М. Научное обоснование экологической программы региона // Изв. РГО.-1992.-Т.124.- Вып.3.- С. 209-219.

Картунова Л.С. К вопросу об оценке экологического состояния территории //

Конструктивные задачи ландша.-экол. - М., 1990. – С. 81-82.

Карта "Комплексное районирование территории России по экологической и социально-экономической ситуации" 1: 8 000 000 / Под ред. В.М.Котлякова, Н.Ф.Глазовского. - М., 2002.

Карта: Республика Татарстан. Предрасположенность территории к проявлению неблагоприятных ситуаций (природных и техногенных). М.: 1: 600 000 / Ред. А.М.Трофимов. ФГУПКО «Картография», 2002.

Камедчиков Н.Н., Лютый А.А., Асоян Д.С. и др. Экологическое картографирование в России // Геодезия и картография. 1993. №9.

Кашбразиев Р.В., Трофимов А.М., Тикунов В.С. Инвестиционная деятельность в регионе: проблемы устойчивости развития территорий. Часть 2. Применение картографии и ГИС в науке и управлении систем. – Якутск. Россия, 1999. – С. 3-14.

Кашменская О.В. Теория систем в геоморфологии. – Новосибирск: Наука, 1980.

Келле В.В. Информация и технологический риск // Системная концепция информац. процессов. Сб.Тр.- М., 1988. – Вып. 3. – С. 61-72.

Киселев В.Г., Яковлев А.Ф. О некоторых математических задачах, возникающих при реализации на ЭВМ географических информационных систем // Кибернетика и вычислительная техника. - Киев, 1987. - № 3.- С. 277-289.

Клаваль П. Пространство в географии человека // Новые идеи в географии. Проблемы моделирования и информации. – М.: Прогресс, 1976. – С.234-250.

Клюев Н.Н. Экологические факторы развития ядерной энергетики и оценка эколого-географического положения АЭС // Изв. АН. Сер. геогр. – 1993, №5. – С. 53-65.

Колосов А.В. Эколого-экономические факторы в хозяйственной деятельности. - И., 1984.-125 с.



Колосовский Н.М. Урало-Кузбасский комбинат /Доклад в п-м секторе ВСНХ СССР. - М.: ВСНХ СССР, 1931.- С.17.

Колосовский Н.М. Пространственно-территориальное сочетание (комплекс) в советской экономической географии //Вопр. геогр.- 1947.СПб. - С.133-168.

Комар И.В. Рациональное использование природных ресурсов и ресурсные циклы. М.: Наука, 1975.- 212с.

Комплексное экологическое картографирование (географический аспект) // Под. Ред. Н.С.Касимова: Уч. пос. - М.: Изд-во МГУ, 1997.

Кондратьев К.Я., Романюк А.Л. Устойчивое развитие: концептуальные системы // Изв. РГО, 1996. Т. 28, вып.6. - С. 3-12.

Концепция современного естествознания. // Колл. авт. под ред. А.Н.Романова. – М.: ЮНИТИ, 1998. – 271 с.

Конференция по окружающей среде и развитию. Рио-де-Жанейро, июнь, 1992. Информационный обзор.- Новосибирск, 1992.-60с.

Корытный Л.М. О классификации экологических карт // Актуальные экологические проблемы Республики Татарстан: Матер. II-ой Республиканской науч. конф.- Казань, 1995.

Корытный Л.М. Классификация эколого-географических карт. Экологическое картографирование Сибири. Новосибирск: Сиб. издат. фирма "Наука" РАН, 1996.

Косариков А.Н. Энтропийный критерий устойчивости развития эко-социальных систем // Изв. РАН. Сер. географ.- 1997, №5:- С.32-41.

Косолапов Н.А. Международная безопасность и глобальный политический процесс // МЭ и МО, 1992. №2.

Космачев К.Л. Географическая экспертиза. Методологические аспекты. Новосибирск, Наука, 1987.

Котляков В.М. География и экологические проблемы // Изв. АН. Сер. географ. -1987, №2.- С. 54-56.

Котляков В.М. География и экологические проблемы // Изв. АН. Сер. географ.- 1987, №6. - С.52-55.

Котляков В.М., Глазовский Н.Ф., Руденко Л.Г. Географические подходы к проблеме устойчивого развития // Изв. РАН. Сер.географ.-1997, №6.- С.8-15.

Котляков В.М., Кочуров Б.И., Коронкевич Н.И. и др. Подходы к составлению экологических карт СССР // Изв. АН СССР. Сер. географ. – 1990, №4.

Котляков В.М., Трофимов А.М., Селиверстов Ю.П., Рубцов В.А. Понятие структуры территориальных систем и некоторые подходы к ее моделированию // Изв. РАН. Сер. географ., 1999. №5. – С. 17-24.

Котляков В.М., Борунов А.К., Пузаченко Ю.Г., Кошкарёв А.В., Фриденберг Э.О. Разработка методологических основ управления в чрезвычайных ситуациях на базе типовых ГИС регионального местного уровня // Отчет по Проекту 7.3. ГНТП "Безопасность". - М.: ИГРАН. ·1992.- 165с.

Котляков В.М., Трофимов А.М., Селиверстов Ю.П., Кашбразиев Р.В. Комплексные эколого-экономические системы: проблемы изучения. // Изв. РАН. Сер. географ.- 1999, №1. - С.7-12.

Котляков В.М., Трофимов А.М., Селиверстов Ю.П., Солодухо Н.М. Моделирование экологических ситуаций // Изв. РАН. Сер. географ.- 1995, №1, С. 5-20.

Котляков В.М., Трофимов А.М., Хузеев К.Е., Гнеденков Л.Н., Селиверстов Ю.П. Введение в географическую теорию катастроф // Изв. РАН. Сер. географ. - 1993, №5.- С.7-17.

Котляков В.М., Трофимов А.М., Хузеев Р.Т., Борунов А.К., Гнеденков Л.Н., Селиверстов Ю.П. Географический подход и теории катастроф // Изв. АН. Сер. географ.- 1993, №3 - С. 7-17.

Котляревский В.А., Кочетков К.Е., Носач А.А., Забегаев А.В. Аварии и катастрофы. Предупреждение и ликвидация последствий.- М.: Ассоц. строит. вузов, 1995.-191с.

Кочуров Б.И. География экологических ситуаций (экодиагностика территории), М.: Екатеринбург, УГУ, 1997.-131с.

Кочуров Б.И. Экодиагностика и сбалансированное развитие. - Смоленск: Маджента, 2003. - 384с.

Кочуров Б.И. На пути к созданию экологической карты СССР // Природа. - 1989, №8.

Кочуров Б.И. Геоэкология: экодиагностика и эколого-хозяйственный баланс территории. - Смоленск: СГУ, 1999.

Кочуров Б. И., Миронюк С.Г'. Подходы к определению и классификации экологического риска // География и природные ресурсы. – 1993, №4. - С. 22-24.

Кочуров Б.И., Жеребцова Н.А., Быкова А.Ю. Разработка карт экологических ситуаций и их геоинформационное содержание // География и природные ресурсы.

Кочуров Б.И., Миронюк С.Г., Антипова А.В. и др. Карта риска возникновения чрезвычайных экологических ситуаций на территории России: принципы и методы составления // Изв. РГО, 1993. – Т. 125. Вып. 5.

Кочуров Б.И., Смирнов А.Я. Эффективность рационального природопользования. Региональное соотношение: население-территория-ресурсы-экономика // Экономические стратегии. №3. 2007 (53). – С. 32-44.

Кофман А. Введение в теорию нечетких множеств.- М.: Радио и связь, 1982. - 432с.

Крауклис А.А., Экологические критерии определения антропогенных нагрузок на ландшафты // Эколог. Кооп.-1988.- №22.- С.31-34.

Крауклис А.А. Взаимодействие процессов и структур в геосистемах // География и природные ресурсы .- 1989, №4.-С.5-14.

Кошкарев А.В., Каракин В.П. Региональные геоинформационные системы. - М.: Наука, 1987.

Кошкарев А.В., Тикунов В.С. Геоинформатика.- М.: "Каргеоцентр"- "Геодезиздат", 1993.

Кошкарев А.В., Тикунов В.С., Трофимов А.М. Теоретические и методические аспекты развития географических информационных систем // География и природные ресурсы.-1991. №1.- С. 11-16.

Куликов В.В. Проблема устойчивости природных комплексов // Изв. ВГО. -1976. Т. 108. Вып.3.

Куприянова Т.П. Обзор представлений об устойчивости физико-географических систем. / Устойчивость геосистем. М.: Наука,1983. - С. 7-13.

Кучерявенко Д.З. Эколого-экономическое районирование территории Республики Татарстан // Автореферат канд. дисс. – М., 2002. – 24 с.

Лавров С.Б. Концепция устойчивого развития (социальные, экономические и региональные аспекты) //Русское геогр. общ-во: новые идеи и пути.- СПб,199. - С.45-46.

Лавров С.Б., Сдасюк Г.В. Современная экономическая и социальная география. - М.: Знание,1980.- 46с.

Ландшафты Республики Татарстан. Региональный ландшафтно-экологический анализ // под ред. О.П.Ермолаева / Ермолаев О.П., Игонин М.Е., Бубнов А.Ю., Павлова С.В.-Казань: «Слово».- 411с.

Лаппо Г.М Концентрация опорного каркаса территориальной структуры народного хозяйства: развитие, теоретическое и практическое значение // Изв. АН. Сер. географ.- 1983. №5.- С. 16-28.

Лаппо Г.М. География и государственная экспертиза // Изв. АН. Сер. географ. – 1987, №5.С. 24-35

Ларичев О.И. Проблемы принятия решений с учетом факторов риска и безопасности// Вестн. АН СССР.- 1987, №11.- С. 38-46.

Ласточкин А.М. Морфодинамический анализ. - Л.: Недра, 1987.-256 с.

Левич А.П. Понятие устойчивости в биологии. Математические методы // Человек и биосфера. Вып. 1.- М., 1976. - С.138-174

Легасова М.М. Путь к концепции безопасности// Журн. Всесоюз. хим. об-ва им. Д.И.Менделеева.- 1990, Т.35.- С. 405-409.

Липец Ю.Г. Устойчивость систем в экономической и социальной географии //Устойчивость геосистем. - М.: Наука, 1983:

Липец Ю.Г. Общие принципы моделирования динамики геосистем // Основные понятия, модели и методы общегеографических исследований.- М.: Изд-во АН СССР, 1984. - С. 94-109.

Липец Ю.Г. Системное моделирование в экономической и социальной географии // Теоретические и общие вопросы географии. Т.5.- М.: ВИНТИ, 1987. -168с.

Литвак Б.Г. Экспертная ИНф9рмация. Методы получения анализа. - М.: Сов. радио, 1982.-164с.

Лобанов Ф.И., Шапиро М.М. Экологический риск в промышленности. Оценка и управление // Журн. Всесоюз. хим. об-ва им. Д.И.Менделеева.- 1990, Т.35.- С. 125-129.

Логинов А.А. Гомеостаз: философские и общегеологические аспекты.- Минск. Высш. шк., 1979.- 176 с.

Луман Н. Понятие риска // Thesis. -1994. Вып.5.- С. 135-161.

Львов Д.С. К обновлению ориентиров экономической политики // Росс.эконом.журн.-1996, № 10. - С.3-15.

Лютый А.А. Картография на рубеже тысячелетий // Изв. АН СССР. Сер. географ. -1998, №1.

Лютый А.А. Экологическое картографирование. Картографическая изученность России (топографические и тематические карты) / Под ред. А.А. Лютого и Н.Н.Камедчикова. - М.: Институт географии РАН; 1999.

Макарова А.А. К вопросу об эколого-экономическом районировании // Экономико-географические аспекты природопользования. – Саранск: Мордовский ун-т, 1990. С. 28-33.

Майергойз И.М. Географическое положение города Сталинграда // Вопр. географии.- 1946, №2.- С. 63-111.

Мамай И.И. Устойчивость территориальных комплексов // Вест. МГУ. Сер.5, географ. -1993. №1.

Мандер Ю.Э., Метсур М.О., Кюльвич М.Э. Нарушение круговорота веществ, потока энергии и организмов как критерий нагрузки на ландшафты // Научн. подходы норм нагрузок на ландшафты. - М., 1983.-С. 124-142.

Маркова А.А. Развитие // Новая философская энциклопедия. – М., 2001. – С. 399-400.

Мартыненко А.Я. Картографическое моделирование и ГИС // Геодезия и картография.- 1994, №9.- С.43-45.

Маршалл В. Основные опасности химических производств. - М.: Мир,1989. - 671с.

Маринов Х. Эколого-географическая экспертиза: теория и практика// География и природные ресурсы. -1991, №1.- С. 139-146 .

Марков Ю.т. Социальная экология: основные принципы и программные установки. Препринт.- Новосибирск: Ин-т истории, философии и филологии СО АН СССР, 1989. - 28с.

Масляк П.А. О территориальной экологической несовместимости эколого-географических объектов // Геогр. аспекты рационального природопользования. Материалы науч. конф. - Киев,1987.- С. 100-102.

Мауринь А.М. Методологические проблемы исследования темпоральной структуры биосистемы // Теория, методология и практика системных

исследований. Секция 8. Системные исследования в экологии.- М.: ВНИИСИ, 1984.- С. 56-58.

Машбиц Я.Г. Экологическая направленность системы географических наук // Изв. АН СССР. Сер. географ.- 1987, №6.- С.56.

Медоуз Д.Х., Медоуз Д.Л., Райдерс И. За пределами роста.- М., 1994.

Мелекшин М.Т., Зайцев А.П., Маринов Х. Экономика и окружающая среда. Взаимодействие и управление. – М.: Экономика, 1979. – 201 с.

Меняющийся мир: географический подход к изучению.- М., 1991.- 392с.

Методология демографического прогноза. - Москва: Наука, 1988.

Методические. установки по созданию эколого-географической карты России масштаба 1:2 500000 // под ред. О.А.Евтеева. - М.: Изд-во МГУ, 1992.

Механизмы гомеостаза в изолированных системах и организме. - Красноярск, 1984. - 231 с.

Мещерякова Н.А. Категория устойчивости в методологии современного естествознания.- Воронеж: Изд-во Воронежского ун-та, 1981.- 176с.

Миллер В.Л., Кан Д.С. Статистический анализ в геологических науках. -М.: Мир, 1965.- 482с.

Мишина О.В., Петрова Р.С., Трофимов А.М.. и др. Предрасположенность территории Республики Татарстан к проявлению чрезвычайных экологических ситуаций.- Казань: Новое знание, 2000, 159 с.

Моисеев Л.Н. Прогнозирование социальных потребностей молодежи. Опыт социологического исследования.- М.: Наука, 1978. - 207с.

Моисеев Н.Н. Предисловие редакции серии. // С.А.Орловский, Проблемы принятия решений при нечеткой исходной информации, - М: Наука, 1981.

Моисеев Н.Н. Алгоритмы развития. - М.: Наука, 1987.- 304с.

Моисеев Н.Н., В.И. Вернадский и естественнонаучная традиция // Коммунист.-1988, N2.- С. 72-81.

Моисеев Н.Н. Экология человека глазами математика (человек, природа и будущее цивилизации). - М.: Молодая гвардия, 1990.- 351с.

Моисеев Н.Н. Человек и ноосфера . - М.: Молодая гвардия, 1990, 351с.

Мохоря Е.Л. Единство сохранения и изменения и его проявление в современном естествознании. - Кишинев: Изд-во Штиница, 1989. - С. 119.

Мунтин М.А., Урсул А.Д. Глобализация и устойчивое развитие. – М.: Ступень, 2003. – 302с.

Мягков С.М. География и социальная экология // Вестн. МГУ. Сер.5.географ.- 1991, N4. - С. 11-17.

Мягков с.М. Проблемы географии риска// Вестн. МГУ. Сер.5. географ.-1992, N4.- С.3-8.

Мягков С.М. Природный риск: особенности восприятия // Вести. МГУ. Сер.5.географ.-1994, N4.- С. 30.-36.

Мягков С.М. Социально-экологическая устойчивость территориально – хозяйственных комплексов// Вест. МГУ. Сер.5. географ.- 1996, N2. - С. 3-11 .

Мягков С.М. Этносоциальные основы устойчивого развития // Географические проблемы стратегии устойчивого развития природной среды и общества. Докл. сесс. научн. совета по фунд. геогр. пробл. Москва, дек. 1995.- М.,1996.- С. 48-58.

Мягков С.М., Козлов КА. Распространенность техногенных и природных чрезвычайных ситуаций в России // Вестн. МГУ. Сер.5. географ.-1993, N5.- С. 3-12.

Найт Ф. Понятие риска и неопределенности.// Thesis. - 1994. Вып.5. - С. 12-29.

Наумов А.Д. О содержании, принципах и методах составления общих экологических карт (на примере Нижнего Поволжья) // Изв. РГО. – 1993. Т. 125. Вып. 1.

Наше общее будущее: Доклад международной комиссии по окружающей среде и развитию.- М.: Прогресс, 1989. - 376с.



Нефедова В.Ф. Устойчивость природной среды с экстремальными условиями к различным видам техногенных воздействий // Вестник МГУ. Сер. географ. - 1977, №4.- с.72-76.

Новак Л.И. Концепция реализации идеи региональной геоинформационной системы «Природные ресурсы и природопользование» (ГИС «Дальний Восток») // Вопр. орг. регион. геогр. инф. Тезисы докладов III Регион. школы - семинара. Владивосток, 1987. – С. 21-22.

Новик И.Б. Системный стиль мышления.- М.: Знание, 1986. - 64с.

Новик И.Б. Системная концепция:, информация, оптимизация, риск // Системная концепция информац. процессов. Сб.тр.- М., 1988. Вып. 3. - С. 18-26.

Новик И.Б. Информационные аспекты риска // Системная концепция информац. процессов. Сб. тр.- М., 1988. Вып. 3. - С. 53-61.

Орловский С.А. проблемы принятия решений при нечеткой исходной информации - М: Наука, 1981.- 208с.

Осипов В.И. Мегалополисы под угрозой природных катастроф. // Вестн. РАН.- 1966. Т.66. №9. - С. 771-782.

Осипов В.И. Природные катастрофы в центре внимания ученых. // Вестн. РАН. – 1995. Т.65. №6. – С. 483-495.

Осипов В.И. Управление природными ресурсами // Вестник Российской Академии Наук. Т. 72. №8, 2002. – С. 678-686.

Петров К.М. Геоэкология - СПб.: Роза мира, 2003. - 274с.

Петров К.М. Общая экология: взаимодействие общества и природы. СПб., 1997.

Плотников В.В. На перекрестках экологии. - М.: Мысль, 1985.

Поздеев В.Б. Становление и современное состояния геоэкологии.- Смоленск: Маджента, 2004.- 324с.

Поздеев В.Б. Содержание и дефиниции геоэкологии // Проблемы региональной экологии. Общественный научный журнал. - 1999, N3.

Портянский И.А. Экспертные системы и географические исследования // Методы изучения расселения. - М.: АН СССР, 1987. – 217-233.

Порфирьев Б.Н. Концепция риска, новые подходы к экологической политике // США - экономика, политика, идеология.-1988, N11. - С. 98-105.

Порфирьев Б.Н. Государственное управление в чрезвычайных ситуациях. - М.: Наука, 1991 .- 137с.

Потехин Г.С., Прохоров Н.С., Терещенко Г.Ф. Управление риском в химической промышленности // Журн. Всесоюз. хим. Об-ва им. Д.И.Менделеева.- 1990. Т.35.- С. 421-424.

Пояснительная записка к научно - справочной эколого-географической карте Российской Федерации масштаба 1:4000000. - М.: Роскартография, МГУ.-1996.

Преображенский В.С. Экологические карты (содержание, требования) // Изв. АН СССР. Сер. географ. - 1990, N6.

Преображенский В.С. Суть и форма проявления геоэкологических представлений в отечественной науке // Изв. РАН. Сер. географ.- 1992, N4.

Проблемы окружающей среды и природных ресурсов. Обзорная информация //ВИНИТИ.- 1990, №1-12.

Программа действий. Повестка дня на 21 век и другие документы конференции в Рио-де-Жанейро в популярном изложении. - Женева,1993.

Проект ГИС - Байкал. Презентация демонстрационного материала // Геодезия и картография.- 1996, N9.- С.1-2.

Пузаченко Ю.Т. Сложность и организация геосистем // Всес. симп. по теоретич. вопросам геогр. - Киев, 1977. - С. 14-18.

Пузаченко Ю.Г. Профилактика экологических катастроф // Науч. тр. "Новые концепции в географии

и прогнозирование". РАН. Науч. совет по пробл. биосферы.- М.: Наука, 1993.-С. 21-35.

Рафиков С.А. Экологическая обстановка и методы ее оценки // Геоэкология; глобальные проблемы. - Л., 1990.- С. 95-98.

Рациональное использование и охрана окружающей среды городов. - М.: Наука, 1989.

Ревич Б.А., Саев Ю.Е. Биогеохимические методы оценки городских антропоэкологических систем. // Экология человека: Основные проблемы. - М.: Наука, 1988.

Редюков А.А., Трофимов А.М. Проблема выбора операционно-территориальных единиц для составления экологических карт (на примере Республики Татарстан) // Экология и НТП. Матер. 2-ой конференции. – Пермь: Изд. ун-та, 2004. – С.161-163.

Реймерс Н.Ф. Системные основы природопользования // Философские проблемы глобальной экологии. - М., 1983.

Республика Татарстан. Экономическая карта / ПКО «Картография». М., 1997.

Ресааре Ю. Концепция геоинформационной системы и вопросы ее хранения при охране окружающей среды // Исслед. методол. пробл. геогр. в Эстонской ССР. Тезисы докладов и совещаний. Совещ., Таллин, 3-5.02.1987.- Таллин, 1987.- С. 121-126.

Рифлекс Р. Основы общей экологии. - М., 1979.

Родионов Д.А. Статистические методы разграничения геологических объектов по комплексу признаков. - М.: Недра, 1968.

Розанов Б.Г. Основы учения об окружающей среде. - М., 1984.- 376с.

Родкин М.В. Об одном подходе к оценке устойчивости геосистем // Межд. геосф.- биосф. прогр. "Глобальные изм." Всес. совещ., Звенигород, 25-27 апр. 1987. Вып.1. М., 1989.- С. 115-119.

Рубцов В.А., Чиликин В.В. Метод автоматического районирования с переносом ОТЕ из класса в класс // Социально - экономическая

география (тезисы докладов). - Казань: Изд-во Казанск. ун-та, 1985. - С. 37-39.

Рудашевский В.Д. Риск, конфликт и неопределенность в процессе принятия решений и их моделирования // Вопр. психологии.- 1974, N2. - С. 84-95.

Руденко Л.Г., Бочковская А.И. Становление и развитие эколого-географического картографирования // География природные ресурсы.- 1992, N3.

Руденко Л.Г., Горленко И.А. Основополагающие принципы устойчивого развития природной среды общества.- М., 1996.

Рянский Ф.Н. Опыт использования ГИС для решения задач эколого-ландшафтного районирования Амурской области // Вопросы регион. геогр. инф. Тезисы докладов III Регион. школы - семинара. - Владивосток, 1987. - с.58-59.

Салищев К.Л. Картоведение. 3-е изд., доп. и перераб.- М., 1990.

Сальников С.Е. Принципы научно-справочного эколого-географического картографирования (на примере карт оценки состояния окружающей среды) // Вестн. Моск. ун-та. Сер.5. географ.- 1993, №5.

Сариев Дж. Принцип ограничения. - Баку: Элм, 1986.- 297с.

Саушкин Ю.Т. Экономическая география: история, теория (методы, практика).- М.: Мысль, 1973.- 557с.

Свентэк Ю.В. Теоретические и прикладные аспекты современной картографии.- М.: Эдиториал УРСС, 1999.

Светлосанов В.А. Трудности и успехи в исследованиях устойчивости гео- и экосистем // Вест. МГУ Сер.5, географ.-1974, N4.

Светлосанов В.А. Трудности и успехи в исследовании устойчивости гео- и экосистем // Вестн. МГУ. Сер. географ. – 1997, № 24. – С. 30-38.

Светлосанов В.А. Общие идеи управления экосистемами // Системное исследование природы.

Вопр. географии. Сб. 104- М.: Мысль, 1997. – С. 205-209.

Свирижев Ю.М. Нелинейные волны, диссипативные структуры и катастрофы в экологии. – М.: Наука, 1987. – 368 с.

Свирижев Ю.М., Логофет Д.Р. Об устойчивости моделей биологических сообществ // Имитационное моделирование и биология. – М., 1975. – С. 24-30.

Сербенюк С.Н., Тикунов В.С. Моделирование и автоматизированные издания тематических карт // Моделирование окружающей среды. – Л.: ГО СССР, 1986. – С. 121-128.

Селиверстов Ю.Л. Устойчивость геоэкосистем: проблемы и суждения // Эколого-географический анализ состояния природной среды: проблема устойчивости геоэкосистем. М., 1996.

Серебряный Л.Р., Скопин А.Ю. Поддерживаемое, сбалансированное или устойчивое развитие? // Изв. РАН. Сер. географ., 1998.

Симонов Ю.Г., Барвынь Г.И., Гаранин Л.С. и др. Основные принципы составления информационно – поисковых географических систем // Теоретические вопросы географии. Л., 1975.- С. 14-16.

Сладкопевцев С.А. Экологические карты. Вопросы классификации и дистанционного обеспечения // Изв. Вузов. Геодезия и аэрофотосъемка.- 1990. №6.

Смирнов И.Я., Цербаев Н.Л. Проблемы органической целесообразности и научное познание // Вопр. Философии. - 1990, №1. с. 99-110.

Смирнов Л.Е. Географо-экологические проблемы и задачи картографии // Вестн. Ленингрд. ун-та. Сер.7.- 1990. Вып. 3 (№21).

Смирнов Л.Е., Капралов Е.Т., Коновалова Н.В. Использование ГИС для экологического картографирования // География. - М.: Изд-во МГУ, 1993.

Смирнов Л.Е., Шумова О.В. Принципы эколого-географического картографирования // Изв. РГО. 1994. Т. 126. Вып. 2.

Солодухо Н.М. Манифест ситуационного движения // Ситуационные исследования. Вып. 1. Ситуационный подход. – Казань: КГТУ, 2005. – 184с.

Солодухо Н.М., Трофимов А.М. Экоситуационный подход в глобалистике // 1 Междунар. симпоз. «Космос, цивилизация, общечеловеческие ценности». Сб. докладов и аннотаций. - Болгария, Казанлык, 1990.-С. 101-104.

Справочник по опасным природным явлениям в республиках, краях и областях Российской Федерации / под редакцией К.Ш.Хайруллина. - СПб.: Гидрометиздат, 1997.

Стальгон Е. Оценка состояния ландшафта как основа нормирования антропогенно-техногенных нагрузок // Научн. подх. к опред. норм нагрузок на ландшафты.- М.: 1988. С. 84-96.

Стихийные природные процессы: географические, экологические и социально-экономические аспекты / Под ред. акад. В.М.Котлякова. Изд-во НЦ ЭНАС, 2002. - 215с.

Стурман В.И. Поллюттометрия – первоочередная задача экологического картографирования // Изв. РГО.- 1994. Т.126. Вып.1.

Стурман В.И. Экологическое картографирование: уч. пос. - Ижевск: Издательский дом Удмуртский университет, 2000.

Тикунов В.С. Моделирование в социально - экономической географии. - М.: Изд-во МГУ, 1985. - 280с.

Тикунов В.С. Современные средства исследования системы "Общественно - природная среда" // Изв. ВГО. - 1989.

Тикунов В.С. Географические информационные системы и картография // Экологическое картографирование на современном этапе. Кн. 1.- Л.: 1991.-С.14-17.

Тикунов В.С., Цапук Д.А Картографирование устойчивого развития регионов // ГИС для устойчивого развития окружающей среды. Мат.

межд.конф. «Интеркарто»-3.- Новосибирск, 297.- С. 428- 441.

Тикунов В.С., Январева Л.Ф. Эколого-географическое картографирование: понятия, методика, технология // География и природные ресурсы.- 1995. N4.

Тикунов В.С., Цапук Д.А. Устойчивое развитие территорий: картографо-геоинформационные обеспечение. – Москва – Смоленск: изд. СГУ,1999. – 176 с.

Тимашев И.Е. Геоэкология: первоисточники, подходы, перспективы // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 5. География. 2000, №5.

Тимофеев Д.А., Трофимов А.М. О сущности и месте системного подхода в геоморфологии // Геоморфология.- 1983, №4.- С. 37-41.

Трофимов А.М. Математические методы в физической географии.- Казань: Изд-во КГУ, 1977.- 122 с.

Трофимов А.М. Проблемы научного поиска в географии // Изв. АН СССР. Сер. географ.- 1988, №5. - С. 98-106.

Трофимов А.М. Проблемы научного поиска в географии // ИЗВ.АН СССР. Сер. географ.- 1988, №4 - С. 98-106.

Трофимов А.М. Комплексные эколого-экономические системы. Базовая основа экологического аспекта в региональном анализе территории // Бизнес Информ. Харьков, 1995г., №41-42, ноябрь. - С.29-33, 1995б, №43-44.- С.35-37.

Трофимов А.М. Моделирование геосистем (концептуальный аспект).-Казань: Изд-во КГУ, 1992.

Трофимов А.М. Геоситуационная концепция // Геоситуационный анализ. – Казань: Медок, 2007. – с. 10-20.

Трофимов А.М. Методика пространственного анализа и выделение специфических районов, кризисных и критических областей и зон риска // Мониторинг, 1997, №3. – С.21-25.

Трофимов А.М., Гнеденков Л.Н. Система МОС как средство моделирования сложных географических объектов // Математико-географическое моделирование и управление. - Казань: Изд-во КГУ, 1988. - С. 58-62.

Трофимов А.М., Гнеденков Л.Н. Реляционные модели в географии. - Казань: Изд-во КГУ, 1990 - 70с.

Трофимов А.М., Любарский Е.Л. Социальная экология (комплексные эколого-экономические системы). - Казань: Изд-во КГУ, 1991. - 27с.

Трофимов А.М., Рубцов В.А. Математика. Районирование. ЭВМ.- Казань: Изд-во КГУ, 1992. Вып.1.- 133с.

Трофимов А.М., Рубцов В.А. Региональный Геоситуационный анализ. – Казань: Медок, 2005. – 228с.

Трофимов А.М., Игонин Е.И. Концептуальные основы моделирования в географии. - Казань: Матбугат йорты, 2001.- 340с.

Трофимов А.М., Левин Б.М. Отражение научных геоэкологических тенденций в структуре геоинформационных систем // Проблемы региональной экономики. - 2000, №3. - С.96-103.

Трофимов А.М., Любарский Е.Л. Комплексные эколого-экономические системы: проблемы функционирования, моделирования и управления // Производство, население, природопользование: географические и социально-экономические аспекты. Сборник. – Уфа, 1990. – С. 5-14.

Трофимов А.М., Панасюк М.В. Геоинформационные системы и проблемы управления окружающей среды. Казань: Изд-во КГУ, 1984. – 142 с.

Трофимов А.М., Редюков А.А. ГИС как инструмент пространственного анализа и прогнозирования // ГИС для устойчивого развития. Хельсинки – С.-Петербург, 2002. – С. 142-146.



Трофимов А.М., Солодухо Н.М. Вопросы методологии современной географии. - Казань: Изд-во КГУ, 1986. - 84с.

Трофимов А.М., Хузеев Р.Г. Структура геосистем и представление о функциональном прогнозе. // Изв. ВГО.- 1985.Т. 117. Вып. 1. – С.53-59.

Трофимов А.М., Шарыгин М.Д., Гимадеев М.М. Проблемы моделирования и прогнозирования территориальных катастроф // Территория и общество. Пермь: Изд. ун-та, 1996. - С.53-60.

Трофимов А.Н., Чистобаев А.И., Шарыгин М.Д. Теория поля и границ в географии. Концепция географического поля. // Вест.Санкт-Петерб.ун-та,1993. Сер.7.вып.3.- С.94-101.

Трофимов А.М., Котляков В.М., Селиверстов Ю.П., Пудовик Е.М. Проблемы устойчивости в комплексных эколого-экономических исследованиях // Изв. АН. Серия географ. - 1998, №3. С. 7-13.

Трофимов А.М., Котляков В.М., Селиверстов А.П., Панасюк М.В., Рубцов В.А., Пудовик Е.М. Сбалансированное развитие - устойчивое состояние геосистем // Изв. РГО. - 1999. Т. 131. Вып.3 - С. 9-16.

Трофимов А.М., Котляков В.М., Селиверстов Ю.П., Хузеев Р.Т. Теоретический аспект геоэкологических исследований. II. Геоэкологические прогнозы на основе понятий интересов и компромиссных решений // Изв. РГО. - 1994. Т.126. Вып.6 - С. 8-16.

Трофимов А.М., Котляков В.М., Селиверстов Ю.П. Теоретические аспекты и основные положения моделирования комплексных эколого-экономических систем // Изв. РГО, 1997.Т. 129. Вып.3 с .6-14.

Трофимов А.М., Литовка О.П., Шанталинский А.К. Изучение, анализ и картографирование чрезвычайных ситуаций (на примере Республики Татарстан) // Региональная экология. №1-2 (18). – 2002. – С.46-51.

Трофимов А.М., Котляков В.М., Селиверстов Ю.П., Зайнуллина А.Р. Основные подходы к

решению проблем риска // Изв. РГО. Вып.4.- 1999. - С. 1-8 .

Трофимов А.М., Котляков В.М. Селиверстов Ю.П., Рубцов В.А., Булатова Г.Н. Природные ресурсы и природно-ресурсный потенциал территории: анализ понятий // Изв. РГО, 2000. Т.113. Вып. 4. – С.20-27.

Трофимов А.М., Кучерявенко Д.З., Валиахметов Р.Р. Комплексные эколого-экономические системы: Геоситуационный подход // Геоситуационный анализ. Сб.докл.межд.научн.конф. Казань: Медок, 2007. – С.121-132.

Трофимов А.М., Кочуров Б.И., Петрова Р.С., Хазиахметова Ю.А. Принципы и подходы к составлению геоэкологических карт // Экологические системы и приборы. – 2003, №8. – С.22-35.

Трофимов А.М., Хузеев Р.Г., Комарова В.Н., Рубцов В.А. Оценка экологической опасности территориальных сочетаний промышленности и выявление ареалов наиболее интенсивного техногенного воздействия в Приказанском регионе // Вестник ТО РЭА. 1999. №2.- С.10-14.

Трофимов А.М., Габутдинова А.М., Хамидуллин Ф.Г. и др. Экономическая политика государства с особым статусом (концепция устойчивого развития) // Мониторинг. – 1996. Т. 1. №1.- С. 5-15.

Уемов А.И., Кормачев В.А. Методологические основы системного подхода к эколого-экономическому прогнозированию // Препринт. Киев. Ин-т экономики АН УССР, 1980. – 92с.

Урусов В.М. Геоинформационные системы проблем охраны природы на Дальнем Востоке // Вопр. орг. регион. геогр. инф. Тез. докл. III Регион. школы-семинара. – Владивосток, 1987. – С. 53-55.

Устойчивость геосистем. – М., 1983. – 88 с.

Фатеев А.А., Темкина И.И. Экономическое равновесие в экономическом развитии района // Экон. пробл. межотрасл. и регион. управл. НТП. – Л., 1986. – С. 131-138.

Федоров Г.М. Научные основы концепции геодемографической обстановки. – Л.: Изд-во ЛГУ, 1991. – 180 с.

Хазиахметова Ю.А., Трофимов А.М. Принципы построения геоэкологической карты (на примере Республики Татарстан) // Экология и научно-технический прогресс. Мат.межд.конф. – Пермь: изд-во ун-та, 2004. – С.161-163.

Хазиахметова Ю.А. Принципы и методы составления эколого-географических карт // акт.пробл.Респ.Татарстан.Казань: АН РТ, Казань. 2003. – С.266-267.

Хазиахметова Ю.А. Комплексная геоэкологическая оценка и картографирование территории (на примере Республики Татарстан) / Автореф.канд.дисс. М., 2005. – 183.

Хакимов Э.М., Трофимов А.М. О структуре иерархических систем и возможностях развития объектов географии // Новые подходы к структурно-динамическим исследованиям геосистем (тезисы докладов). – Казань: изд-во КГУ, 1989. – С. 9-10.

Харди Р. Гомеостаз.- М.: Мир,1986.- 81 с.

Ходжаев Д.Г. Эффективность расселения. - Москва, 1983.

Хомяков Д.М. Экологическое картографирование для решения практических задач землепользования и агрохимии // Геодезия и картография.- 1997, №1.- С. 39-43.

Хузеев Р.Г. Теория принятия компромиссных решений. – Казань: Изд-во КГУ, 1987. - 154с.

Червяков В.А. Концепция поля в современной картографии. Новосибирск: Наука, 1978. - 149 с.

Четыркин В.М. Проблемные вопросы экономического районирования. - Ташкент: Фан, 1967. - 122с.

Шварц С.С. Экологические закономерности эволюции.- М.: Наука, 1980.

Шидловский В.А. Современные теоретические представления о гомеостазе // Итоги.науки и техники.

- Физиология человека и животных.- М.: ВИНТИ, 1982. -18 с.
- Шилон И.А. Физиологическая экология животных.- М.: Высш.школа, 1985.
- Шкуров В.В. Карта оценки природных условий жизни населения Северного Казахстана // Вестник МГУ, Сер. географ., - 1967. №5. – С. 103-107.
- Щелкунов М.Д. К новым горизонтам постижения мира // Научный Татарстан.- 1996, №4. - С. 56-61.
- Экономико-географические проблемы экологии / Под ред. Хачатурова те-м., 1984.-188 с.
- Экономика природопользования /Под ред. Хачатурова Т.С. - М., 1991.- 268с.
- Экспертные системы. Принципы работы и примеры. -М., 1987.
- Эшби У.Р. Введение в кибернетику.- М., 1959.- 432с.
- Ahnert F. Approaches to dynamic equilibrium in theoretical simulations of slopes development // Earth Surf. Processes: 1987.V.12.P.3- 15.
- Annenkov V. Multilevel spatial organization of human survival // Global Environmental Change.130. Blachwell Publ. UNESCO.- 1991.- P.699-707.
- Bennett R.I., Haining R.P., Wilson A.G. Spatial structure, spatial interaction, and their integration: a review of alternative models // Envirollrment and Planning. A.17.-1985, №5. -P.625-646.
- Botnarius N. Montiringul ecologie // Oorof. Nature si med. Inconi.1987.V.31.№2.- P. 109-115.
- Brower F., Peter M. Design and structure analysis of integrated environmental planning models // Europ.Rev.Econ. - 1988. V.15.№1. P.19-38.
- Chery H. Modelisation graphique et analyse regionale. Une methode et un exemple // Canad.Geogr.Quebec.- 1988.V.32. №6.- P/ 135-150.
- Costanza R. Ecological Economics: TW Schenle and Management of Sbstainability.- N.V.: Columbia Univ.Press.- 1991.- 343 p.

- Ellwood W. Building green economy // New Internationalist.- 1996, April.-p.7-10.
- Enviromental Quality 1984 / 15-th Annual Report of the Council of Environmental Quality // Wash; -1986.- P. 199-209.
- Faugeres L. La geo-cindynigye, geo- science du risque: (PAP) Collog. AGF. "Risg. nature. et soc." (Paris), 16 nov., 1990 // Bull. Assoc. geogr. fr.-1991.V.6-8. №3.- P.179-193.
- Frank H. Knight. The Meaning of Risk and Uncertainty // F. Knight. Risk, Uncertainty, and Profit. Boston: Houghton Miff1in Co.- 1921. P.210-235.
- Geerling Ch., Berman H., Barozy E.T. Ecology and development an attempt to synthesize // Environ. Conserv.- 1986. V.13. №3.- P.211-214.
- Griffith D.A. Theory of spatial statistics // Spatial Statist and Models. Dordecht e.a.- 1984.- P.3-15.
- Hagerstrand T. Geography and the study of interaction between Nature and Society // geoforum. V.7, 1976. N.516. – P. 329-334.
- Hohenemser Ch., Kates R. W., Slovic P. The Nature of Technological Hazard // Science.- 1983.N220. Apr.22.- P. 378-385.
- Jackson M.J., Thomas I.L., Stewart N.J. Report of a workshop on Geographical Information Systems held in London on 13 September 1985 // Internat.J.Remote Sens.-1986.V.7. №6. -P. 745-755.
- Kaplan S., Garrik B.J. On the Quantitaitive Definition of Risk Anal.-1981.№12.- P.12.
- Kneese A.V. Environmental economics // Sci. Total Environ. 1986.V.56.-P. 155-169.
- Kneese A.V. The economics of natural resources // Popul and Dev. Rev.-1988. V.14.- P.281-309.
- Krcho J., Micietova E. Modelling of spatial structures within geoinformation system //Euro-Garto VI Proc. Brno, 13-16. Apr., 1987.Brno.- 1987.- P. 264-273.
- Macgill S.M. Structural analysis of social data: a guide to Ho's Gabois Lattice approach and a partial respecification of Q-analysis // Environmental and Planning. A.17.-1985. №8.- P. 1089-1109.

Malisz B. Threshold Analysis as a Tool in Urban and Regional Planning // Pap. Association, 1972. V. 29.

Margules C.R., Faith O., Belbin L. An adjacency constraint in agglomerative hierarchical classifications of geographic data // Environment and Planning. A.17.-1985. №3.- P. 397-412.

McLaughlin J.D., Nicholas S.E. Parce-Based Land Information Systems // Survey and Mapping.- 1987. V.47. №1.- P. 11-29.

Mitchel J.K. Where might the international decade for natural disaster reduction concentrate its activities? A comparative analysis of disaster data sets // Rep.DNDR2. Natural Hazards Res. and Appl. Inform. Center.- 1989.

Parfitt J.P. Societal risk estimates from historical data for the United Kingdom and word-wide events. SRD Assoc. UK, 1992, May. 68 p.

Robinson Y.B., Frank A.U. Expert systems for geographic information systems // Photogramm. Eng. And Remote Sens. 1987. V.53.№10.- P. 1435-1441.

Whitman R.V. The international decade of natural disaster reduction // Selec. Pap. Workshop Natur. Disaster Europ. Meditter. Countries, Colombella, June 27 July 1, 1988. Genova, 1989.- P. 1-16.

Widacki W. The three states of a functioning geosystem: optimal, critical and catastrophic // Wiss. Beiter. M. Luther - Univ. Halle; Wittenberg. -1986, №16.- P. 156-161.

## Оглавление

Введение.....	6
I. Комплексные эколого-экономические системы: проблемы изучения.....	8
1.1. Базовая основа экологического аспекта в региональном анализе территории.....	8
Понятие интересов в изучении КЭЭС.....	11
Интересы и конфликты в геоэкологических системах.....	19
1.2. природопользование в регионе с позиции устойчивого развития.....	23
Природные ресурсы и природно-ресурсный потенциал территории: анализ понятий.....	27
Формирование экономического механизма природопользования, как предпосылка устойчивого развития региона.....	41
Проблемы управления эколого-экономическими системами.....	47
1.3 Понятие структуры территориальных систем.....	49
1.4. Пространственное выражение комплексных эколого-экономических систем.....	67
1.5. Проблема устойчивости в комплексных эколого-экономических исследованиях.....	79
1.6. Сбалансированное развитие – устойчивое состояние геосистем.....	91
Устойчивость геоэкосистем: общая постановка вопроса.....	91
Сущность процесса развития.....	96
Гомеостаз как исходная точка процесса развития...	104
Устойчивое состояние геосистем: социальный аспект.....	108
1.7. Геоэкологические прогнозы на основе понятий интересов и компромиссных решений.....	112
Прогноз в геоэкологических исследованиях: подход на основе понятий интересов.....	112
Общие подходы к поиску компромиссов в геоэкологических системах.....	116
Логические основы поиска компромиссов в	123

геоэкологических системах.....	
II. Теоретические аспекты и основные положения моделирования комплексных эколого-экономических систем.....	126
2.1. Общие понятия и положения.....	126
Проблема компромиссов в КЭЭС (теоретические основы и общие подходы).....	129
Население в комплексной эколого-экономической системе: модельный подход.....	133
Эколого-экономическое районирование как модель пространственной экоситуации (фундаментальный подход).....	137
2.2. Моделирование экологических ситуаций.....	142
Экоситуации и экологическое состояние геосистем.....	142
Содержательные основы моделирования экоситуаций.....	150
Проблема масштаба и объекта изучения.....	150
Выделение геоэкосистем и «размытость» их границ.....	152
Режим функционирования.....	154
Проблема времени.....	155
Инвертизация экоситуаций и оценка состояния окружающей среды.....	158
Контроль за состоянием окружающей среды и экоситуациями.....	159
Модельный подход к экоситуациям.....	160
Методические подходы к моделированию экоситуаций.....	162
Системы поддержки концепций.....	168
III. Картографирование геоситуаций, критических областей и зон риска.....	172
3.1. Географический подход к теории катастроф.....	172
Общие положения.....	172
Теоретическое обоснование изучения катастроф...	178
Средства реализации концептуальных позиций....	187
3.2. Чрезвычайные экологические ситуации.....	192
3.3. Основные подходы к решению проблем риска....	202



3.4.Инвестиционная деятельность в регионе: проблемы устойчивого развития.....	217
Инвестиционная деятельность как предпосылка устойчивого развития.....	218
Инвестиционные риски.....	218
Региональные аспекты инвестиционной активности.....	219
3.5. Методика пространственного анализа и выделения специфических районов, кризисных и критических областей и зон риска.....	224
1. Определение диагностических признаков и регионального синдрома ОТЕ.....	225
2. Определение сумм «взвешанных» баллов.....	227
3. Пространственный анализ распределения баллов.	229
4. Определение областей рисковых и критических зон на территории.....	233
IV. Принципы и подходы к составлению геоэкологических карт.....	235
4.1. Обсуждение позиций.....	235
4.2. Эколого-экономическое районирование как аспект управления состоянием региона. Подходы к составлению геоэкологической карты.....	275
V. Тенденции развития географических информационных систем (ГИС).....	289
5.1. Типология ГИС.....	289
5.2. Отражение научных геоэкологических тенденций в структуре геоинформационных систем...	303
VI. Геоинформационное обеспечение регионального геоэкологического анализа.....	317
ГИС как инструментальная система создания баз данных и решения информационных задач.....	319
ГИС как средство тематического картографирования.....	320
Геоинформационные технологии.....	321
Выбор типов ОТЕ.....	328
VII. Методы количественных оценок окружающей среды и нарушенности ее компонентов.....	336
VIII. Геоэкологическое атласное ГИС-картографирование.....	351
IX. Количественная оценка антропогенной нагрузки на	383

ландшафты.....	
Заключение.....	390
Библиография.....	392
Оглавление.....	425